

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e
desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo
silagens de cana-de-açúcar**

Patrick Schmidt

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Agronomia. Área de concentração: Ciência Animal e
Pastagens

**Piracicaba
2006**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Patrick Schmidt
Zootecnista

Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar

Orientador:
Prof. Dr. **LUIZ GUSTAVO NUSSIO**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em Agronomia. Área de concentração: Ciência Animal e Pastagens

Piracicaba
2006

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Schmidt, Patrick

Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar / Patrick Schmidt. - - Piracicaba, 2006.
228 p.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2006.
Bibliografia.

1. Aditivos alimentares para animais 2. Bovinos de corte 3. Desempenho animal 4. Digestão animal 5. Silagem 6. Valor nutritivo I. Título

CDD 636.213

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

A todos os colegas da EQUIPE DE QUALIDADE E CONSERVAÇÃO DE FORRAGENS, que doaram esforço, tempo, incentivo e um pedaço de suas vidas, para que esse trabalho fosse concluído, e que transformaram a convivência diária em amizades sólidas e duradouras.

DEDICO

À minha família, em especial aos meus pais Marisa e Ditmar, pelo amor e educação, aos meus irmãos e amigos, pelo total apoio e constante incentivo.

OFEREÇO

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Luiz Gustavo Nussio, pela orientação e confiança, exemplo de profissionalismo e caráter e, sobretudo, sincera amizade.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), especialmente ao Departamento de Zootecnia, pelas inúmeras oportunidades de crescimento pessoal e profissional.

Aos Profs. Dr. Wilson Roberto Mattos e Dr. Flávio Augusto P. Santos pelos ensinamentos, apoio e valiosas contribuições em todas as fases desse trabalho.

Ao Prof. Dr. Carlos Guilherme S. Pedreira, ao Dr. Marco Antônio Penati e ao funcionário do Centro de Treinamento de Recursos Humanos, Luís Rafael Lorena, pelas oportunidades e estímulo à docência.

Aos Profs. Dr. Francisco Stefano Wechsler (FMVZ/Unesp) e Dr. Gerson Barreto Mourão (LCE/ESALQ), pela amizade, incentivo e auxílio na análise estatística dos dados.

Aos demais professores do Departamento de Zootecnia da ESALQ, pelos ensinamentos, exemplos e amizade.

Aos amigos André Pedroso, Solidete Paziani, Lucas Mari, Daniele Loures, José Leonardo Ribeiro, Maity Zopollato, Oscar Queiroz, Marta Junqueira, Mateus Castilho Santos, Mariele Camargo, Vanessa Pillon, e Jhones Sarturi, pela competência, profissionalismo e inestimável ajuda nas coletas de dados e análises. Também pela amizade, descontração, convivência prazerosa e apoio constante.

A todos os estagiários que passaram pelo departamento nesses últimos quatro anos (são muitos). Espero poder ter ensinado o equivalente ao que aprendi com vocês.

Aos funcionários do Laboratório de Bromatologia, Carlos César Alves e Dra. Carla Bittar, pela amizade, ajuda e paciência durante as análises laboratoriais.

Aos funcionários do departamento de Zootecnia, por toda ajuda nas atividades de campo, em especial aos Srs. Laureano, Benedito e Juscelino.

Ao CPPSE/Embrapa, na pessoa do Dr. Armando de Andrade Rodrigues, pela oportunidade de estágio, desenvolvimento de ensaios de campo e financiamento de parte desse trabalho.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

Às empresas Lallemand Animal Nutrition e Pacifilbag pelo apoio técnico e financeiro.

Aos amigos Robson Armindo, Davi Carvalho, Sérgio Porcão, Julieta Cristina, Rodrigo Goulart, Daniel Sousa, Luiza Duenhas, Alcides Ramos, Marcos Mazzucco, Marcelo Maragliano, Marcela Galvani, Talita Sélios, Camila Saigh, André Gualhanone, João Bosco, Douglas Resende, Giuliano Pavani, Laudi Cunha Leite, Fernando Vargas Jr., Rejane Figueiró, Hugo Imaizumi, Paulo Correia, Tarcísio Gonçalves, Daniel Sarmiento, Fábio Campos, Maurício Godoy, Hugo Tenório, Jose Guilherme, Ana Luiza Schogor e tantos outros que, virtual ou pessoalmente, dividiram comigo as alegrias e dificuldades ao longo dessa caminhada.

A todos que, de algum modo, contribuíram para que esse trabalho fosse realizado.

MUITO OBRIGADO!

“Qualidade significa fazer bem feito quando ninguém está olhando”

Henry Ford

SUMÁRIO

RESUMO.....	12
ABSTRACT	13
LISTA DE FIGURAS	14
LISTA DE TABELAS	15
LISTA DE ABREVIATURAS.....	18
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	22
2.1 Microflora epífita e fermentação das silagens	23
2.2 Aditivos associados à ensilagem da cana-de-açúcar.....	27
2.2.1 Aditivos químicos	27
2.2.2 Aditivos microbianos.....	30
2.3 Estabilidade aeróbia.....	34
2.4 Desempenho de animais consumindo silagens de cana-de-açúcar.....	35
Referências	37
3 COMPOSIÇÃO QUÍMICO-BROMATOLÓGICA E PERDAS FERMENTATIVAS DE VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR ENSILADAS COM E SEM URÉIA.....	44
Resumo.....	44
Abstract	45
3.1 Introdução	45
3.2 Material e métodos.....	48
3.2.1 Local do experimento	48
3.2.2 Desenho experimental.....	48
3.2.3 Avaliações agronômicas.....	49
3.2.4 Ensilagens.....	50
3.2.5 Silos experimentais	50
3.2.6 Abertura dos silos experimentais	51
3.2.6.1 Determinação da produção de efluente.....	51
3.2.6.2 Determinação da perda por gases	52
3.2.6.3 Determinação da perda total de MS.....	53
3.2.7 Amostragens	54
3.2.7.1 Amostragens durante as ensilagens	54

3.2.7.2 Amostras nas aberturas dos silos experimentais	54
3.2.8 Análises químico-bromatológicas	55
3.2.8.1 Amostras secas em estufa	55
3.2.8.2 Amostras de forragem fresca	55
3.2.9 Análise estatística	57
3.3 Resultados	60
3.3.1 Apresentação geral dos dados	60
3.3.2 Desdobramento de interações	66
3.3.2.1 Teor de matéria seca (MS)	66
3.3.2.2 Teores de FDN e FDA	67
3.3.2.3 Teores de hemicelulose e proteína bruta (PB)	68
3.3.2.4 Digestibilidade verdadeira <i>in vitro</i> da MS e da MO	69
3.3.2.5 Produção de efluentes	70
3.3.2.6 Produção de gases e perdas totais de MS	71
3.3.2.7 Nitrogênio amoniacal e pH	72
3.3.2.8 Recuperação de nitrogênio e teor de carboidratos solúveis	74
3.3.2.9 Teores de etanol, ácido lático e ácido acético	75
3.4 Discussão	76
3.4.1 Teor de matéria seca (MS) e matéria mineral (cinzas)	76
3.4.2 Teores de FDN, FDA e hemicelulose	78
3.4.3 Teores de proteína bruta, nitrogênio amoniacal e recuperação de N	80
3.4.4 Digestibilidade verdadeira <i>in vitro</i> da MS e da MO	82
3.4.5 Produção de efluentes, gases e perdas totais de MS	84
3.4.7 pH e teor de carboidratos solúveis	87
3.4.8 Teores de etanol e ácidos orgânicos	90
3.5 Conclusões	95
Referências	95
4 EFEITO DE ADITIVOS QUÍMICOS OU MICROBIANOS NA ENSILAGEM DE CANA- DE-AÇÚCAR E O COMPORTAMENTO INGESTIVO, CONSUMO E DIGESTÃO DE NUTRIENTES EM BOVINOS DE CORTE	101
Resumo	101

Abstract	102
4.1 Introdução	102
4.2 Material e métodos	105
4.2.1 Local do experimento	105
4.2.2 Desenho experimental.....	105
4.2.3 Confeção das silagens	106
4.2.3.1 Avaliações realizadas nos silos	107
4.2.3.2 Estimativa de perdas fermentativas e de painel	107
4.2.4 Animais utilizados e rações experimentais.....	108
4.2.5 Amostragem das forragens na ensilagem	110
4.2.6 Colheita de dados e amostragens nos períodos de avaliação	111
4.2.6.1 Amostragens de silagens, concentrados, rações totais e sobras	111
4.2.6.2 Colheita total de fezes e digestibilidade aparente	112
4.2.6.3 Parâmetros ruminais	113
4.2.6.4 Determinação da degradabilidade <i>in situ</i>	114
4.2.6.5 Comportamento ingestivo.....	116
4.2.7 Análises químico-bromatológicas e físicas.....	117
4.2.7.1 Rações totais, silagens, concentrados e sobras	117
4.2.7.2 Fezes.....	119
4.2.7.3 Fluído ruminal.....	119
4.2.7.4 Tamanho médio de partículas	119
4.2.8 Análise estatística	120
4.3 Resultados	120
4.3.1 Composição químico-bromatológica das silagens e das rações experimentais..	121
4.3.1.1 Silagens.....	121
4.3.1.2 Rações experimentais	123
4.3.2 Composição física, densidade e perdas nos silos.....	125
4.3.3 Consumo e digestibilidade aparente no trato digestivo	127
4.3.4 Comportamento ingestivo.....	128
4.3.5 Parâmetros ruminais	129
4.3.6 Degradabilidade ruminal.....	135

4.4 Discussão.....	138
4.4.1 Composição químico-bromatológica das silagens e das rações experimentais..	138
4.4.1.1 Silagens.....	138
4.4.1.2 Rações experimentais.....	145
4.4.2 Composição física e densidade das silagens e perdas no painel.....	146
4.4.3 Consumo voluntário e digestibilidade aparente de nutrientes no trato digestivo.	148
4.4.4 Comportamento ingestivo.....	152
4.4.5 Parâmetros ruminais.....	155
4.4.6 Degradabilidade ruminal.....	158
4.5 Conclusões.....	162
Referências.....	162
5 DESEMPENHO DE BOVINOS DE CORTE ALIMENTADOS COM RAÇÕES	
CONTENDO SILAGENS DE CANA-DE-AÇÚCAR ADITIVADAS COM.....	171
Resumo.....	171
Abstract.....	172
5.1 Introdução.....	172
5.2 Material e Métodos.....	175
5.2.1 Local do experimento.....	175
5.2.2 Desenho experimental.....	175
5.2.3 Confeção das silagens.....	176
5.2.3.1 Abertura dos silos e avaliações.....	177
5.2.3.2 Estimativa de perdas de painel nos silos tubulares.....	178
5.2.4 Animais utilizados, instalações e rações experimentais.....	178
5.2.5 Amostragem das forragens na ensilagem.....	180
5.2.6 Amostras de silagens, concentrados, rações totais e sobras.....	181
5.2.7 Análises químico-bromatológicas e físicas.....	182
5.2.7.1 Rações totais, silagens, concentrados e sobras.....	182
5.2.7.2 Tamanho médio de partículas.....	184
5.2.8 Estabilidade aeróbia das silagens e rações totais.....	184
5.2.9 Predições de ingestão, ganho de peso e valor energético das rações.....	186
5.2.10 Comportamento ingestivo.....	187

5.2.11 Análise estatística	188
5.3 Resultados	189
5.3.1 Composição químico-bromatológica das silagens e das rações experimentais..	189
5.3.1.1 Silagens.....	189
5.3.1.2 Rações experimentais	191
5.3.2 Parâmetros físicos e perdas nos silos	192
5.3.3 Estabilidade aeróbia das silagens e rações	193
5.3.4 Desempenho dos animais	196
5.3.4.1 Predições de ingestão, ganho de peso e valor energético das rações	197
5.3.5 Comportamento ingestivo.....	200
5.4 Discussão.....	203
5.4.1 Composição químico-bromatológica das silagens e das rações experimentais..	203
5.4.1.1 Silagens.....	203
5.4.1.2 Rações experimentais	208
5.4.2 Parâmetros físicos e perdas no painel dos silos	209
5.4.3 Estabilidade aeróbia	211
5.4.4 Ingestão de MS e desempenho dos animais.....	214
5.4.5 Comportamento ingestivo.....	220
5.5 Conclusões.....	222
Referências	223

RESUMO

Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar

O presente trabalho teve o objetivo de avaliar fatores associados à ensilagem da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), com destaque para a aplicação de aditivos químicos e microbianos, sobre a composição químico-bromatológica, perdas fermentativas, digestão de nutrientes e desempenho de bovinos de corte. No primeiro experimento, avaliaram-se variedades de cana-de-açúcar, idades de colheita, tempos de armazenamento das silagens e inclusão de uréia como aditivo na ensilagem, sobre composição das silagens, perdas e parâmetros fermentativos. O experimento foi realizado em esquema fatorial 3x2x2x2, usando-se silos experimentais para confecção das silagens. A composição de nutrientes das silagens foi afetada pelos fatores testados. Silagens da variedade IAC86-2480 apresentaram menor teor de fração fibrosa e de matéria seca, e maior digestibilidade *in vitro*, em relação à variedade IAC87-3184. Plantas colhidas aos 15 meses proporcionaram perdas reduzidas de MS. A aplicação de uréia nas ensilagens foi efetiva em reduzir as perdas totais de MS, e não alterou os teores de etanol ou ácido acético, e elevou o teor médio de ácido láctico das silagens. Em um segundo experimento foram avaliados os aditivos químicos uréia e benzoato de sódio, e os microbianos *Lactobacillus plantarum* (LP) e *L. buchneri* (LB) na ensilagem da cana-de-açúcar, bem como a cana-de-açúcar ensilada sem aditivos, em rações para bovinos providos de cânula, em ensaio de digestão. Os aditivos aplicados alteraram a composição e as recuperações de MS das silagens. O consumo de MS, digestibilidade aparente de nutrientes e comportamento ingestivo dos animais não foram alterados pelos tratamentos testados. Os parâmetros ruminais foram afetados de forma moderada pelos tratamentos experimentais, com concentrações molares médias dos ácidos acético, propiônico e butírico de 60,9; 19,3 e 10,2 mM, respectivamente. Os tratamentos com uréia, LB e benzoato de sódio elevaram moderadamente a degradabilidade efetiva da MS das silagens. Em uma terceira fase, avaliou-se a silagem de cana sem aditivos e silagens contendo doses de LB em rações para bovinos de corte em confinamento. Foram usados 56 tourinhos Nelore e Canchim, alimentados com rações contendo 45% de volumoso. A inoculação com LB alterou de forma moderada a composição das silagens. A silagem controle apresentou teor de etanol três vezes superior aos tratamentos inoculados (1,53 vs 0,45% da MS). A adição de ingredientes concentrados às silagens foi efetiva em melhorar substancialmente as variáveis de estabilidade aeróbia. Silagens aditivadas proporcionaram elevação na ingestão (23,0%) e no ganho de peso dos animais (12,7%), em relação às rações com silagem controle. O comportamento ingestivo dos animais experimentais foi afetado pelos tratamentos, sendo que rações contendo silagem controle necessitaram de maior tempo para ingestão, ruminação e mastigação, em relação aos tratamentos inoculados. A presença de aditivos na ensilagem da cana-de-açúcar foi efetiva em controlar perdas e preservar o valor nutritivo da forragem conservada.

Palavras-chave: valor nutritivo, ganho de peso, aditivos, digestibilidade, uréia, benzoato de sódio, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus buchneri*.

ABSTRACT

Fermentative losses on ensiling, digestive parameters and performance of beef bulls fed sugar cane silage containing rations

The goal of this trial was to evaluate ensiling associated factors influencing sugar cane (*Saccharum officinarum* L.) silages, mainly the use of chemical and microbial additives on the chemical composition, fermentative losses, nutrient digestion and performance of beef cattle. On the first trial, sugar cane varieties were evaluated across harvesting forage ages, storage time and the addition of urea over the chemical composition, fermentative parameters and losses. A factorial 3x2x2 design was applied upon experimental silos. The nutrient composition of silages was affected by the studied factors. The silages from IAC86-2480 variety showed lower fiber and dry matter contents and higher *in vitro* digestibility contents than the silage made of IAC87-3184 variety. Plants that were cut at the age of 15 months led to lower DM losses. The urea addition on ensiling was effective on decreasing total DM losses and did not change the ethanol or acetic acid contents, however increased the mean lactic acid content of silages. On a second trial, the chemical additives, urea and Na-benzoate, were evaluated and the microbial inoculants *Lactobacillus plantarum* (LP) and *L. buchneri* (LB) were also studied on sugar cane ensiling, compared to the control sugar cane silage, by using ruminally cannulated steers fed TMR rations in a digestion trial. The additives altered the composition and the DM recovery rate of the silages. Overall DM intake, apparent *in vivo* digestibilities and animal behavior were not affected by treatments. The ruminal parameters were slightly affected by treatments, which averaged molar concentrations of acetic, propionic and butyric acids of 60.9, 19.3 and 10.2 mM, respectively. The urea, LB and Na-benzoate treatments promoted moderate increase on DM effective degradabilities of silages. On the third trial, sugar cane silage without additives and LB added silages were studied on the feedlot beef cattle rations. Fifty six Nellore or Canchim beef bulls were assigned to treatments and fed with 45% forage rations. The LB silages had small changes on the chemical composition and the control silage showed a three times increased content of ethanol when compared to inoculated silages (1.53 vs 0.45% of DM). The concentrates added to silages were effective on improving the aerobic stability parameters. The rations containing LB added silages provided increase on the DM intake (23.0%) and daily weight gain of animals (12.7%), when compared to the control silage ration. The ingestive behavior of experimental bulls was affected by treatments, where control silage ration showed increased feeding, rumination and chewing time, when compared to the inoculated silages. The additives on sugar cane ensiling were effective to prevent losses and to preserve the nutritive value of ensiled forage.

Key words: nutritive value, weight gain, additives, digestibility, urea, sodium benzoate, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus buchneri*.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Efeito das rações experimentais sobre a evolução temporal do pH e concentrações ruminais de nitrogênio amoniacal (N-NH₃), ácido acético e ácido butírico no fluído ruminal de bovinos..... 132
- Figura 2 - Valores de ingestão de MS e ganho médio de peso (kg/dia), estimados pelo NRC (1996) e observados em tourinhos Nelore e Canchim alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar sem aditivos (controle) e aditivadas com *Lactobacillus buchneri* 5x10⁴ (BLB); 1x10⁵ (ALB) e 1x10⁵ UFC/g MV + enzima fibrolítica (ALB+E)..... 199

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Trabalhos publicados sobre silagem de cana-de-açúcar, nos Anais das Reuniões Anuais da SBZ, nos últimos nove anos.....	22
Tabela 2 - Produtividade estimada, composição morfológica e teor de sólidos no caldo de duas variedades de cana-de-açúcar.....	49
Tabela 3 - Estatística descritiva das variáveis avaliadas.....	58
Tabela 4 - Estatística descritiva das variáveis avaliadas.....	59
Tabela 5 - Composição químico-bromatológica da cana-de-açúcar fresca usada durante as ensilagens.....	61
Tabela 6 - Composição químico-bromatológica das silagens de cana-de-açúcar armazenadas por 60 dias.....	62
Tabela 7 - Parâmetros fermentativos e perdas associadas às silagens de cana-de-açúcar armazenadas por 60 dias.....	63
Tabela 8 - Composição químico-bromatológica das silagens de cana-de-açúcar armazenadas por 120 dias.....	64
Tabela 9 - Parâmetros fermentativos e perdas associadas às silagens de cana-de-açúcar armazenadas por 120 dias.....	65
Tabela 10 - Desdobramento de interações para a variável MS (%)......	66
Tabela 11 - Desdobramento de interações para as variáveis FDN e FDA.....	67
Tabela 12 - Desdobramento de interações para as variáveis hemicelulose e PB....	69
Tabela 13 - Desdobramento de interações para as variáveis DVIVMS e DVIVMO..	70
Tabela 14 - Desdobramento de interações para a variável produção de efluente (kg/t MV).....	71
Tabela 15 - Desdobramento de interações para as variáveis produção de gás e perda total de MS.....	72
Tabela 16 - Desdobramento de interações para as variáveis nitrogênio amoniacal e pH.....	73
Tabela 17 - Desdobramento de interações para as variáveis recuperação de N e carboidratos solúveis.....	74

	16
Tabela 18 - Desdobramento de interações para as variáveis teor de etanol, ácido láctico e ácido acético.....	75
Tabela 19 - Dados meteorológicos observados no período de 14 dias antes das ensilagens.....	77
Tabela 20 - Composição das rações experimentais a base de silagem de cana-de-açúcar.....	109
Tabela 21 - Composição químico-bromatológica e física da cana-de-açúcar fresca, exclusiva ou adicionada dos aditivos.....	111
Tabela 22 - Composição químico-bromatológica das silagens de cana-de-açúcar..	121
Tabela 23 - Composição químico-bromatológica das rações experimentais fornecidas aos animais.....	124
Tabela 24 - Composição químico-bromatológica das rações experimentais efetivamente consumidas pelos animais.....	125
Tabela 25 - Tamanho médio de partículas, densidade, camada e perdas na retirada e recuperação de MS de silagens de cana-de-açúcar armazenadas em silos tipo poço.....	126
Tabela 26 - Consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes de rações contendo silagens de cana-de-açúcar, obtidos por coleta total de fezes em bovinos.....	127
Tabela 27 - Comportamento ingestivo de bovinos alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar.....	129
Tabela 28 - Médias de ácidos graxos voláteis (AGV), pH e nitrogênio amoniacal observados no fluido ruminal de bovinos alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar.....	130
Tabela 29 - Evolução temporal média dos tratamentos para os parâmetros ruminais observados em bovinos alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar.....	134
Tabela 30 - Variáveis de degradabilidade <i>in situ</i> da matéria seca e matéria orgânica de silagens de cana-de-açúcar, em bovinos.....	136
Tabela 31 - Variáveis de degradabilidade <i>in situ</i> da FDN e FDA de silagens de cana-de-açúcar, em bovinos.....	137

Tabela 32 - Composição químico-bromatológica e física da cana-de-açúcar fresca, antes da ensilagem.....	181
Tabela 33 - Composição químico-bromatológica das silagens de cana-de-açúcar..	190
Tabela 34 - Composição químico-bromatológica das rações experimentais fornecidas aos animais.....	191
Tabela 35 - Composição químico-bromatológica das rações experimentais efetivamente consumidas pelos animais.....	192
Tabela 36 - Densidade, tamanho médio de partículas e perda de material deteriorado no painel do silo.....	193
Tabela 37 - Variáveis de temperatura, pH e perdas de MS associadas à estabilidade aeróbica de silagens de cana-de-açúcar, com ou sem adição de ingredientes concentrados.....	195
Tabela 38 - Ingestão, ganho de peso e conversão alimentar de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar.....	197
Tabela 39 - Estimativa do valor energético (NDT) das silagens de cana-de-açúcar através de simulação realizada pelo modelo NRC (1996).....	198
Tabela 40 - Valores de energia líquida das rações experimentais.....	200
Tabela 41 - Comportamento ingestivo de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar.....	201
Tabela 42 - Tempos relativos de ingestão, ruminação e mastigação (minutos/kg MS e minutos/kg FDN) de bovinos alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar.....	202

LISTA DE ABREVIATURAS

- AGV** – ácidos graxos voláteis
- C2** – ácido acético
- C3** – ácido láctico
- CHOs** – carboidratos solúveis
- DVIVMS** – digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca
- DVIVMO** – digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria orgânica
- FDN** – fibra insolúvel em detergente neutro
- FDA** – fibra insolúvel em detergente ácido
- GPD** - ganho de peso médio diário
- IMS** – ingestão de matéria seca
- LB** – *Lactobacillus buchneri*
- LP** – *Lactobacillus plantarum*
- MS** – matéria seca
- MO** – matéria orgânica
- MV** – massa verde
- N** - nitrogênio
- N-NH₃** – nitrogênio amoniacal
- PB** – proteína bruta
- pH** – potencial hidrogeniônico
- PMS** – perda total de matéria seca
- PV** – peso vivo
- UFC** – unidades formadoras de colônia

1 INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se no cenário pecuário mundial como uma potência na produção de carne e leite, com bases sólidas na exploração de bovinos a pasto. Embora a utilização de forragem em pastejo seja um sistema de custo reduzido para alimentação do rebanho, a disponibilidade de forragem durante o ano apresenta significativa desuniformidade, decorrente da influência de fatores climáticos. Os sistemas de produção a pasto em ambiente tropical caracterizam-se pela estacionalidade de crescimento das forragens, com acúmulo de produção no período do verão úmido (80%), e baixas taxas de crescimento (20%) no período do inverno seco. Em face das irregularidade na disponibilidade de forragem nas pastagens, torna-se necessária a adoção de estratégias relacionadas ao fornecimento de volumosos suplementares no período da seca.

Dentre as opções de alimentos volumosos suplementares disponíveis, a cana-de-açúcar destaca-se em função da alta produtividade de massa verde (MV), do baixo custo por unidade de matéria seca (MS), do longo período de manutenção do valor nutritivo após a maturação e do período de colheita coincidente com o período de escassez de forragem nas pastagens. Somado a isso, a facilidade de obtenção de mudas e plantio, a disponibilidade de tecnologias advindas do setor sucro-alcooleiro e a possibilidade de atingir-se taxas de ganho de peso razoáveis, têm atraído pecuaristas ao uso da cana-de-açúcar como fonte de alimento volumoso na alimentação de bovinos.

A cana-de-açúcar é uma planta pertencente à classe das monocotiledôneas, família *gramineae* (*Poaceae*), gênero *Saccharum*. O nome atual da espécie está relacionado ao fato de que todas as variedades de cana-de-açúcar atualmente cultivadas no mundo são híbridas, resultantes de cruzamentos entre diferentes espécies. As principais espécies conhecidas têm sua origem na Oceania (Nova Guiné) e Ásia (Índia e China).

De acordo com relatos da literatura, a intensificação de estudos sobre o uso da cana para alimentação de ruminantes, na década de 70, permitiu que esse volumoso deixasse de ser apenas um paliativo para a escassez de forragem nos períodos de

seca e assumisse posição importante nos sistemas de produção de bovinos. Segundo esses autores, as principais características agronômicas desejáveis em uma variedade de cana-de-açúcar, visando a produção animal, são: alta produtividade, rusticidade, resistência a pragas e doenças, capacidade de perfilhamento, florescimento ausente ou tardio, alto teor de sacarose, despalha fácil e ausência de joçal. De acordo com esses conceitos, a “cana forrageira” ideal é aquela que mais se assemelha à melhor variedade industrial, ou seja, os interesses pela matéria-prima são semelhantes tanto para a cana de usina como para o rebanho.

A cana-de-açúcar, como principal ingrediente da ração de bovinos, possui algumas limitações do ponto de vista nutricional, devido ao desequilíbrio de nutrientes, com teores muito baixos de proteína bruta e da maioria dos minerais, principalmente fósforo, acarretando baixo desempenho dos animais, se a correção desses desequilíbrios não for devidamente solucionada. Isso vem sendo conseguido com a adição de mistura de uréia e sulfato de amônio (9:1), fornecimento de fontes de proteína e amido de menor degradação ruminal, e suplementos minerais adequadamente balanceados, tornando a opção cana-de-açúcar bastante difundida e promotora de bons resultados de consumo e desempenho de animais.

A grande adoção da cana-de-açúcar como forma de volumoso suplementar para a seca baseia-se na facilidade e tradição de cultivo e, sobretudo, por constituir-se em opção competitiva quando comparada à outras fontes de volumosos. Em simulações de sistemas de produção animal, a cana vem prevalecendo como uma das opções mais interessantes para minimização do custo de rações e do produto animal e maximização da projeção de receita líquida da atividade.

Embora o uso da cana-de-açúcar fresca, mediante cortes diários no período da seca, seja tradicional e de amplo conhecimento dos produtores, este manejo demanda mão-de-obra diária para cortes, despalhamento, picagem e transporte, e estabelece limitações logísticas e operacionais, para a suplementação de rebanhos maiores.

Canaviais manejados industrialmente exigem a remoção de grandes talhões em curto espaço de tempo, visando facilitar o manejo e a eficiência dos tratos culturais e evitar os excedentes de produção. Esse fator, aliado a flutuações periódicas nos preços do açúcar e do álcool, e exigências de liberação de glebas para o estabelecimento de

outras culturas, podem acarretar a necessidade de um destino alternativo a cana-de-açúcar existente. Da mesma forma, canaviais submetidos a incêndio voluntário ou acidental, ou queimados pela geada, precisam ser usados rapidamente, para evitar a conversão da sacarose e o consumo de carboidratos por respiração.

A ensilagem da cana-de-açúcar apresenta-se como solução para tais problemas, permitindo a colheita de grandes áreas num curto espaço de tempo, e durante o período em que a forrageira apresenta seu melhor valor nutritivo, coincidindo com o período mais propício aos trabalhos no campo, ou seja, durante a época da seca. A concentração de atividades no processo de ensilagem resulta em facilidade organizacional e redução na necessidade diária de mão-de-obra, embora represente uma importante elevação nos custos do volumoso, em relação ao manejo sob o regime de capineira, em função dos custos advindos de maiores perdas, da intensificação no uso de operações mecanizadas e da inclusão de aditivos, essenciais ao processo.

O presente trabalho teve o objetivo de avaliar fatores como variedade de cana, tempo de armazenamento da silagem e uso de aditivos químicos e microbianos na ensilagem da cana-de-açúcar, e os efeitos destes sobre as perdas de MS, composição químico-bromatológica, estabilidade aeróbia, parâmetros ruminais, comportamento ingestivo e desempenho de animais alimentados com essas silagens.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A conservação da cana-de-açúcar na forma de silagem é um tema que vem se destacando nos últimos anos, com interesse crescente por produtores e pesquisadores, em função dos benefícios em logística e operacionalidade que esse volumoso ensilado pode apresentar.

Uma idéia da notoriedade assumida pela silagem de cana-de-açúcar nos últimos anos é constatada ao observar-se o número de trabalhos publicados sobre esse assunto nas reuniões anuais da Sociedade Brasileira de Zootecnia, considerada o principal fórum de divulgação da pesquisa zootécnica no Brasil (tabela 1).

Tabela 1 - Trabalhos publicados sobre silagem de cana-de-açúcar, nos Anais das Reuniões Anuais da SBZ, nos últimos nove anos

Ano	Número de trabalhos	Instituições envolvidas
1997	0	0
1998	0	0
1999	2	1
2000	1	2
2001	5	1
2002	8	3
2003	13	11
2004	12	10
2005	9	9

A quase totalidade dos trabalhos de pesquisa desenvolvidos com silagens de cana-de-açúcar tem buscado a obtenção de aditivos que, associados à ensilagem, inibam a fermentação alcoólica característica desse material, com vistas a minimizar as perdas observadas quando a cana é ensilada sem a inclusão de aditivos, ou com aditivos ineficientes.

Diversos autores (PRESTON; HINOJOSA; MARTINEZ, 1976; GONZÁLEZ e McLEOD, 1976; ALLI; BAKER; GARCIA, 1982; KUNG Jr.; STANLEY, 1982; PEDROSO et al., 2005) observaram que a cana-de-açúcar, quando ensilada, apresenta fermentação tipicamente alcoólica e perda no valor nutritivo, com redução no conteúdo de açúcares decorrente da produção de etanol originada pelo desenvolvimento de leveduras na silagem.

2.1 Microflora epífita e fermentação das silagens

Os microrganismos naturalmente presentes nas plantas forrageiras, chamados de microflora epífita, são responsáveis pela fermentação das silagens, afetando também a sua estabilidade aeróbia e a eficiência dos inoculantes contendo microrganismos exógenos. O número de cepas de microrganismos epífitas é variável, sendo afetado pelo tipo de forragem, pelo estágio de maturidade das plantas, pelo clima, por tratos agrônômicos dispensados na condução da cultura, pelo corte e condicionamento da forrageira (LIN et al., 1992), bem como pela ocorrência de incêndio prévio, no caso da cana-de-açúcar (BERNARDES et al., 2002).

Geralmente, os microrganismos presentes em maior número nas plantas forrageiras são as enterobactérias, as leveduras e os fungos, que competem com os lactobacilos pelos açúcares solúveis (BOLSEN et al., 1992) durante a etapa fermentativa no silo. Embora bactérias indesejáveis, como enterobactérias e clostrídeos possam representar importante fonte de perdas qualitativas e riscos toxicológicos em silagens de baixa fermentação, seu desenvolvimento é inibido em condições de pH reduzido (JOBIM e GONÇALVES, 2003; BRAVO MARTINS, 2004), o que reduz a importância prática desses microrganismos na ensilagem da cana-de-açúcar, que se caracteriza por apresentar teor adequado de MS e rápido abaixamento do pH, a níveis considerados adequados.

Estudando a dinâmica fermentativa da silagem de cana-de-açúcar, Pedroso et al. (2005) verificaram valor de pH próximo a 4,0 no segundo dia após a ensilagem, sendo esse valor reduzido em menor intensidade nos dias subsequentes, a valores próximos a 3,5. Mesmo após a abertura do silo, o pH das silagens de cana permanece baixo, limitando o crescimento bacteriano no painel do silo. Baliero Neto et al. (2005a) observaram valores de pH próximos a 5,0, para silagens de cana expostas ao ar por nove dias.

Embora valores de pH possam ser usados como indicadores diretos de qualidade fermentativa para a maioria das silagens de gramíneas anuais e perenes, a cana-de-açúcar mostra-se como exceção, em função do desenvolvimento prejudicial de leveduras epífíticas. Leveduras são microrganismos heterotróficos, eucariontes e

unicelulares, abundantes no solo, na vegetação e na água. A obtenção de alimentos para seu crescimento se dá pela secreção de enzimas extracelulares (amilases, lipases, proteases e celulasas), que quebram moléculas orgânicas complexas à simples monômeros, que podem ser absorvidos pela membrana celular (GUTIERREZ, 1997).

O uso da sacarose por leveduras inicia pela absorção dos seus monossacarídeos estruturais, glicose e frutose, após hidrólise pela exoenzima invertase da levedura. Com a difusão facilitada através da membrana, por permeases específicas, esses açúcares são imediatamente fosforilados e, portanto, aptos a fluírem pela via de Embden-Meyerhof-Parnas (GUTIERREZ, 1997).

Em termos energéticos, a respiração é muito mais favorável que a fermentação. Assim, a levedura utiliza preferencialmente o açúcar em aerobiose, oxidando-o completamente ao nível mitocondrial. Nessa situação, a taxa de consumo de açúcar é menor, se comparada à fermentação. Esse fenômeno é conhecido como *Efeito Pasteur*.

Entretanto, na presença de glicose em concentrações mais altas, a partir de 2 g/L, ocorre repressão catabólica das enzimas respiratórias e, em concentrações de 9 g/L, as leveduras não apresentam mitocôndrias funcionais. Isso torna a fermentação a principal via de degradação de açúcar, mesmo em condições aeróbias. Esse mecanismo é chamado de *Efeito Crabtree*, onde o aumento na atividade das enzimas glicolíticas e das enzimas descarboxilase pirúvica e desidrogenase alcoólica, induzidas pela glicose, denota o favorecimento da fermentação, até o principal produto final, o etanol (ALVES, 1994).

As leveduras não são inibidas pelo baixo pH encontrado nas silagens, sobrevivendo sob limites de pH variando entre 3,5 e 6,5, sendo que algumas espécies são capazes de sobreviver inclusive sob pH inferior a 2,0 (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991). Elevadas contagens de leveduras e fungos prejudicam a fase de pós-abertura das silagens, causando a deterioração aeróbia e perdas no valor nutritivo das silagens, além de promover a elevação do pH no painel do silo, o que aumenta o risco de desenvolvimento de microrganismos patogênicos (ROTZ e MUCK, 1994).

Na ensilagem da cana-de-açúcar ocorre extensa atividade de leveduras, que podem estar presentes na ordem de 1×10^6 unidades formadoras de colônia (UFC) por grana de forragem, e convertem os carboidratos solúveis da forragem a etanol, dióxido

de carbono e água. Essa reação pode levar a perdas excessivas de MS, a baixos teores de ácidos láctico e acético e aumento no teor de FDA das silagens (ALLI et al., 1983), contribuindo ainda com a deterioração aeróbia dessas silagens (DRIEHUIS; OUDE ELFERINK; SPOELSTRA, 1999).

Vale ressaltar que são poucos os trabalhos como os de González e McLeod (1976), Alli et al. (1983) e Bernardes et al. (2002), determinando o efeito de aditivos sobre a contagem de leveduras em silagens de cana-de-açúcar, e mais raros os que procuraram caracterizar a população epífita da cana, como em López et al. (1988) e Bravo Martins (2004), o que dificulta o entendimento sobre a produção e metabolização de ácidos orgânicos e compostos voláteis durante a ensilagem.

A reação bioquímica da produção de etanol, catalisada pela via fermentativa de leveduras, pode ser descrita da seguinte forma (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991):



Talvez a produção de etanol e a conseqüente redução no valor nutritivo da silagem de cana, seja a principal dificuldade apresentada por essa tecnologia e o maior desafio da pesquisa, na busca por processos específicos que controlem adequadamente a população e a atividade de leveduras, sem prejuízo da qualidade da silagem e do desempenho de animais.

A dinâmica fermentativa da silagem de cana-de-açúcar sem aditivos, avaliada por Pedroso et al. (2005) apontou estabilização na concentração de etanol em 6,4% da MS, após 15 dias de armazenamento, com decorrente perda de MS de cerca de 30% referente ao desaparecimento de 68% dos carboidratos solúveis.

Apesar de potencialmente aproveitável como substrato energético para os bovinos, através da conversão a acetato no rúmen (CHALUPA; EVANS; STILLIONS, 1964), grande parte do etanol produzido nas silagens é perdido durante a estocagem nos silos (ALLI; BAKER; GARCIA, 1982) e retirada da silagem. A produção deste álcool representa perda de aproximadamente 49% de MS dos substratos (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

Embora o etanol produzido apresente alto valor energético, esse componente resulta em significativa perda energética da forragem, uma vez que é perdido por volatilização, provocando ainda rejeição de consumo pelo animal logo após retirada do silo.

Estudos *in vitro* verificaram ligeira elevação na digestibilidade da celulose (6,6%), com a adição de pequenas doses de etanol (CHALUPA; EVANS; STILLIONS, 1964; GOULD et al., 2001), provavelmente devida ao aumento em energia prontamente disponível, mediante a conversão do etanol ingerido a acetato. Contudo, Pradham e Hemken (1970) observaram a utilização de apenas 45% do etanol após 5 horas de incubação *in vitro*. Em estudos *in vivo*, Pradham e Hemken (1970) não verificaram efeito da infusão ruminal de etanol sobre consumo de MS, produção de leite e sólidos totais no leite. Da mesma forma, Gould et al. (2001) não verificaram efeito da infusão ruminal de etanol sobre a digestibilidade ruminal, intestinal ou total da FDN.

Por outro lado, a avaliação do efeito da infusão de doses de etanol marcado com ^{14}C (1, 4 e 8 g/L/dia), em um simulador ruminal de fluxo semi-contínuo (RUSITEC), apresentada por Durix et al. (1991) indicou elevação de até 40% na produção de ácidos graxos voláteis (AGV), principalmente ácido acético (77-80% dos AGV totais formados a partir do etanol). Contudo, apenas uma pequena parte do etanol foi convertido a AGV e, como não foi verificada a presença de carbono marcado na fase gasosa (CO_2 e CH_4), a maior parte do etanol foi rapidamente absorvida pela parede ruminal. Os autores afirmaram que, dessa forma, a energia do etanol ingerida pelo ruminante é inteiramente disponível, ou via direta, por absorção, ou mediante conversão a AGV no rúmen. Como em outros ensaios, não foi verificado efeito das doses de etanol sobre a degradabilidade da matéria orgânica, do nitrogênio e da fração fibrosa de forragens incubadas nos meios. Segundo os autores, esses fatos indicam que a interação entre etanol e a fermentação de alimentos sólidos é pouco significativa.

O efeito da suplementação de silagens de gramíneas tropicais com etanol (5,8% na MS), sobre o consumo e produção de leite de vacas holandesas foi avaliado por Randby; Selmer-Olsen e Baevre (1999), que não observaram efeito depressivo do etanol sobre o consumo de MS ou sobre a produção de leite, sem, contudo, incrementar essas variáveis.

Embora à primeira vista o etanol possa parecer um componente interessante do ponto de vista nutricional, experimentos de campo (PEDROSO, 2003; JUNQUEIRA, 2006) têm demonstrado baixa detecção desse componente em silos de grande escala, em virtude da volatilização ocorrida durante a exposição do painel e retirada da forragem, corroborando assim com a necessidade de inibição da fermentação etanólica em silagens de cana-de-açúcar mediante emprego de aditivos.

2.2 Aditivos associados à ensilagem da cana-de-açúcar

Visando alterar a principal rota fermentativa verificada nas silagens de cana-de-açúcar e reduzir as perdas de valor nutritivo nesses volumosos, têm-se adotado aditivos que possivelmente inibam a população de leveduras e/ou bloqueiem a via fermentativa de produção de álcoois, na ensilagem da cana-de-açúcar.

Experimentos da década de 70, que avaliaram o uso de soluções de amônia para o controle de fungos e leveduras em silagens de milho (BRITT; HUBER; ROGERS, 1975), com resultados promissores, serviram como embasamento teórico para os primeiros testes com aditivos que buscavam a inibição da população de leveduras em silagens de cana. Desde então, diversos aditivos têm sido avaliados visando melhorar o padrão de fermentação, o controle do desenvolvimento de leveduras e a conservação da cana-de-açúcar na forma de silagem.

A escolha do aditivo a ser usado deve ser baseada em critérios que considerem aspectos como recuperação de MS na ensilagem, estabilidade em aerobiose, e o diferencial em desempenho de animais consumindo essas silagens. A justificativa para a adoção de um aditivo deverá considerar seu custo em contraste ao benefício esperado.

2.2.1 Aditivos químicos

Na década de 70, trabalhos conduzidos por Preston; Hinojosa e Martinez (1976) e Alvarez e Preston (1976), testando combinações de amônia aquosa e uréia com melaço, verificaram queda na produção de etanol em silagens de cana, detectando

ainda que ambas soluções apresentaram efeito positivo sobre a preservação das silagens, com efeito mais pronunciado da amônia, traduzido pelo menor consumo de açúcares solúveis durante o processo.

Após quase três décadas, o mote ensilagem de cana-de-açúcar ressurgiu no Brasil, inicialmente enfocando o uso de uréia como aditivo, devido à facilidade de obtenção e aplicação desse produto. O princípio da adoção de uréia como aditivo de silagens está ligado a possibilidade de produção de amônia, na presença de urease (DOLBERG, 1992).

A amônia possui forte ação antimicrobiana, inibindo o desenvolvimento de leveduras e fungos, com conseqüente redução na produção de etanol nas silagens. Estudo realizado por Palkova et al. (1997) com leveduras de diferentes gêneros demonstrou que esses microrganismos utilizam pulsos de amônia endógena para comunicação entre colônias e que a presença desse componente no meio de cultura acarreta inibição no crescimento das colônias.

Vários estudos têm sido realizados avaliando-se o uso de uréia em silagens de cana, e apresentando resultados bastante variáveis, para doses de 0,5 a 2,0% da massa verde (MV) (ANDRADE; FERRARI JUNIOR; BRAUN, 2001; PEDROSO, 2003; SIQUEIRA, 2005; JUNQUEIRA, 2006).

Em análise conjunta, os dados sugerem que doses entre 0,5 a 1,0% da MV são mais efetivas em reduzir perdas fermentativas, uma vez que, em doses superiores, o poder de tamponamento exercido pela uréia torna-se crítico ao processo de conservação, elevando as perdas por deterioração no painel do silo (JUNQUEIRA, 2006).

A recuperação de N em silagens de cana-de-açúcar acrescidas de uréia parece ser elevada. Dados de experimentos disponíveis na literatura permitem calcular índices de recuperação entre 87 e 132%, embora esse parâmetro não seja discutido pelos autores. Esse fator deve ser considerado na estimativa do custo de oportunidade de uso da uréia como aditivo na ensilagem da cana, em virtude da elevação no teor de proteína verificado.

Aplicando doses de 0,51 a 1,92% de amônia com nitrogênio marcado (^{15}N) na MS de silagens de milho, Huber; Foldager e Smith (1979) verificaram recuperação

média de 95% do nitrogênio aplicado. Para a dose de 1,4% da MS de amônia, Huber; Smith e Stiles (1980) verificaram recuperação média de 68% do N aplicado, após 7, 14, 21 e 50 dias da ensilagem. Possivelmente, altas recuperações de N em silagens adicionadas de uréia estejam relacionadas à limitada atividade ureolítica e à incorporação da amônia produzida à forragem.

Além da uréia, vários outros aditivos químicos têm sido testados na ensilagem da cana-de-açúcar, como o hidróxido de sódio (FREITAS et al., 2006b), óxido de cálcio (BALIERO NETO et al., 2005b), ácidos orgânicos de cadeia curta (ÍTAVO et al., 2004) e sais de ácidos orgânicos (PEDROSO, 2003).

Ácidos graxos saturados, contendo de 1 a 12 carbonos, apresentam propriedades anti-microbianas, conforme verificado por Woolford (1975), que observou aumento dessa atividade com o aumento no tamanho da cadeia carbônica dos ácidos e com a diminuição do pH. Segundo esse autor, sob pH 5 e 6, os ácidos fórmico, acético e propiônico inibiram clostrídios e bacilos, mais do que outros grupos de microrganismos; entretanto, sob pH 3 e 4, o efeito inibitório sobre fungos filamentosos e leveduras foi aumentado. Neste caso, a efetividade dos ácidos foi intensificada com o aumento do tamanho da cadeia, sendo o ácido propiônico o mais eficiente.

Agentes antimicrobianos usados como conservantes na indústria de alimentos para humanos, também têm sido avaliados como aditivos para silagem. Woolford (1975), testou sais de ácidos sórbico (pKa 4,75) e benzóico (pKa 4,20), na forma de sorbato de potássio e benzoato de sódio, e verificou poder inibidor destes sobre clostrídios, leveduras e fungos filamentosos. Todavia, nesse trabalho o benzoato de sódio mostrou-se efetivo contra leveduras, somente sob doses superiores a 7,2 kg/t.

O primeiro trabalho testando esses aditivos na ensilagem da cana-de-açúcar foi realizado por Pedrosa (2003), que avaliou doses de benzoato de sódio, propionato de cálcio e sorbato de potássio. O autor observou pequeno efeito positivo dos aditivos sobre as perdas de MS e produção de álcool nas silagens. Contudo, o benzoato de sódio, na dose de 0,1% da MV, mostrou-se efetivo em elevar a estabilidade aeróbia da silagem e o ganho de peso dos animais, em relação à silagem sem aditivos.

Aplicando 0,1% da MV de benzoato de sódio na ensilagem da cana, associado ou não a aditivos microbianos, Siqueira (2005) verificou redução na produção de gás e

na perda total de MS, quando comparado a silagem de cana sem aditivos. O autor verificou efeito benéfico desse sal também sobre a estabilidade aeróbia das silagens.

Contudo, ainda são escassos os dados disponíveis sobre aplicação de benzoato de sódio na ensilagem da cana-de-açúcar, que permitam a determinação acurada dos benefícios sobre a população de microrganismos e as perdas de MS.

2.2.2 Aditivos microbianos

Em geral, a elevação artificial do número inicial de bactérias produtoras de ácido láctico na forragem ensilada, através da inoculação, pode acelerar a queda do pH e reduzir o pH final, aumentar a concentração de ácido láctico, diminuir a produção de efluentes e a perda de matéria seca no silo, melhorando o desempenho dos animais alimentados com as silagens tratadas (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

Com base no metabolismo de açúcares, as bactérias ácido-láticas podem ser classificadas como: homofermentativas obrigatórias (grupo I), que produzem mais de 85% de ácido láctico a partir de hexoses como glicose, mas não podem degradar pentoses como xiloses; heterofermentativas facultativas (grupo II), que também produzem ácido láctico a partir de hexoses, mas podem também degradar algumas pentoses a ácido láctico, dióxido de carbono, etanol e/ou ácido acético; heterofermentativas obrigatórias (grupo III) que degradam hexoses e pentoses a ácidos láctico, acético e propiônico, entre outros (STEFANIE et al., 2000 apud BRAVO MARTINS, 2004).

Os inoculantes comerciais direcionados para as culturas de milho e alfafa contém, normalmente, linhagens de bactérias homofermentativas produtoras de ácido láctico, como *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus acidilactici*, *Streptococcus faecium*, *Enterococcus faecium* e *Lactococcus lactis*.

Contudo, resultados recentes de pesquisas têm sido consistentes em demonstrar ausência de efeito ou efeito deletério da inoculação de bactérias homoláticas em silagens de cana-de-açúcar, acarretando elevação nas perdas de MS (PEDROSO, 2003; SIQUEIRA, 2005) e na produção de etanol (ANDRADE et al., 2000; CASTRO NETO, 2003; SILVA, 2003).

Provavelmente, a elevação no teor de ácido láctico nas silagens de cana-de-açúcar, mediante inoculação com bactérias homoláticas, seja responsável pelo aumento na produção de etanol das silagens, uma vez que grande número de gêneros de leveduras utilizam o ácido láctico como substrato fermentativo, principalmente em condições aeróbias (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991). Experimentos *in vitro* avaliando a taxa de crescimento de duas cepas de *Sacharomyces cerevisiae* sob doses de ácido láctico ou acético verificaram maior efeito inibitório do ácido acético em relação ao láctico, sobre as leveduras (NARENDRANATH; THOMAS; INGLEDEW, 2001). Esses autores observaram ainda consumo de ácido láctico, em detrimento da glicose, nos meios de cultura que receberam esse ácido.

Bravo Martins (2004) avaliou qualitativamente a população de microrganismos em silagens de cana-de-açúcar e observou colônias de 12 diferentes espécies de leveduras, sendo que a grande maioria assimilou lactato em culturas isoladas.

Recentemente, inoculantes contendo bactérias heterofermentativas, produtoras de ácido acético e propiônico, além do ácido láctico, como *Lactobacillus buchneri*, *Pediococcus cerevisiae*, *Propionibacterium shermani*, e *Propionibacterium acidipropionici*, têm sido avaliados buscando alterar o perfil de ácidos e incrementar a estabilidade aeróbia das silagens (RANJIT e KUNG Jr., 2000).

A elevação no teor de ácido acético das silagens inoculadas com bactérias heteroláticas parece ser o principal fator responsável pela inibição no crescimento de leveduras nessas silagens.

Segundo McDonald; Henderson e Heron (1991), o uso do ácido acético em silagens tem sido evitado por muitos pesquisadores uma vez que sua presença, sob altas concentrações na silagem, foi associada com desempenho insatisfatório de animais, resultante de baixo consumo voluntário de matéria seca. No entanto, estes autores citam os estudos de Dewysen (1980), mostrando que o acetato apenas induz a uma ligeira redução do consumo (para ovinos) e que os problemas devem advir indiretamente do processo de produção de acetato na silagem, e não do efeito direto do ácido propriamente dito.

Gershon e Shanks (1978 apud MOON, 1983) afirmaram que, apesar de todos os ácidos graxos inibirem o crescimento da maioria das bactérias e leveduras, sua ação

depende do pH, com maior efeito abaixo do pK_a dos ácidos (4,73 para acetato; 4,87 para propionato; 3,86 para lactato), onde esses se encontram principalmente na forma ácida, e não na forma ionizada. Segundo Danner et al. (2003), o efeito antimicrobiano de um ácido orgânico depende de seu pK_a e do pH do meio. O ácido láctico tem pK_a menor que o ácido acético, e por isso é um ácido mais forte; contudo, na faixa de pH normalmente encontrada nas silagens, o ácido acético se encontra menos dissociado que o ácido láctico, o que permite a ele penetrar a membrana plasmática das leveduras.

Os ácidos acético, propiônico, butírico, valérico, isocapróico, exercem ação inibidora sobre a fermentação da glicose por leveduras. O ácido acético na forma ácida penetra por difusão passiva na célula da levedura, onde pode afetar tanto a absorção de fosfato, por interferência química com a membrana plasmática, como a atividade de enzimas glicolíticas, ou ainda reduzir o pH intracelular, acarretando maior consumo de ATP para retirar íons H⁺ do interior das células, após sua dissociação. Esse mecanismo leva a exaustão energética da célula de levedura, inviabilizando-a (SAMSON et al., 1955 apud FERRO, 1994).

Gutierrez et al. (1991), observaram aumento na produção de etanol com adição de ácido acético ao meio de cultura; entretanto, o tempo necessário à fermentação foi bastante aumentado, possivelmente pela redução na população de leveduras, e o teor de álcoois superiores foi minimizado.

Bactérias heteroláticas têm mostrado grande potencial de elevação da estabilidade aeróbia das silagens. Ranjit e Kung Jr. (2000) avaliaram inoculante contendo a bactéria heterofermentativa *Lactobacillus buchneri* em silagens de milho, e observaram elevação significativa na estabilidade aeróbia, relacionada a aumentos marcantes na produção dos ácidos acético e propiônico, com redução no teor de etanol e na população de leveduras das silagens tratadas. Resultados semelhantes foram encontrados por outros autores avaliando a inoculação de *Lactobacillus buchneri* em silagens de milho (DRIEHUIS; OUDE ELFERINK; SPOELSTRA, 1999; NISHINO et al., 2003; DANNER et al., 2003), cevada (TAYLOR et al., 2002) e azevém (DRIEHUIS; OUDE ELFERINK; VAN WIKSELAAR, 2001).

Com a interpretação desse conjunto de resultados vislumbrou-se o uso da bactéria heterolática *L. buchneri* como potencial aditivo na ensilagem da cana de açúcar, objetivando-se redução na população de leveduras e na produção de etanol.

Pedroso (2003) testou, em silos experimentais, cinco aditivos químicos e dois inoculantes bacterianos, diluídos em água, nas seguintes dosagens (massa verde): uréia (0,5; 1,0; 1,5%), NaOH (1; 2; 3%), propionato de cálcio (0,05; 0,1; 0,2%), benzoato de sódio (0,05; 0,1; 0,2%), sorbato de potássio (0,015; 0,03; 0,45%), bactérias homoláticas *Lactobacillus plantarum* (LP) (1×10^6), *L. buchneri* (1×10^6) e a combinação de LP e uréia (0,5; 1,0%). A análise dos dados obtidos por esse autor mostrou que as médias das perdas gasosas (8,9%) e de efluentes (20,8 kg/t) responderam por 62% e 38%, respectivamente, das perdas de matéria seca da silagem, que foram de 14,4% em média. A inoculação com LP triplicou a produção de etanol e levou à menor recuperação de matéria seca (77,7%), como resultado de maiores perdas de gases e efluentes. A adição de uréia com LP também levou a maiores perdas de gases e maior teor de etanol em relação ao controle. Já a inoculação com *L. buchneri* foi efetiva em reduzir a produção de etanol (de 3,8 para 1,9% da MS) e as perdas totais de MS (18,2 para 8,0%).

Siqueira (2005) avaliou as perdas fermentativas em silagens de cana-de-açúcar inoculadas com *L. buchneri* ou com um aditivo composto por *Propionibacterium* e *L. plantarum* (BAL). O autor observou que a inoculação com *L. buchneri* foi efetiva em reduzir as perdas, em relação à silagem sem aditivos (controle), e que a inoculação com *Propionibacterium* + LP não apresentou efeitos benéficos na ensilagem da cana-de-açúcar.

Por outro lado, Freitas et al. (2006a) avaliaram a associação das bactérias *L. plantarum* e *L. buchneri* com resíduo seco de colheita de soja na ensilagem da cana, e não verificaram efeito benéfico de ambos os inoculantes sobre as características fermentativas. Os teores de etanol observados foram bastante elevados (17,8; 21,8 e 19,3% da MS, para controle, *L. plantarum* e *L. buchneri*, respectivamente) bem como as perdas de MS (31,1; 35,3 e 33,2% da MS, para controle, *L. plantarum* e *L. buchneri*, respectivamente). O uso de resíduo de colheita de soja, associado ou não aos inoculantes, foi efetivo em reduzir a produção de etanol e as perdas de MS.

Kleinschmit; Schmidt e Kung Jr. (2006) avaliaram vários aditivos antifúngicos na ensilagem de plantas de milho, em dois anos agrícolas diferentes, e observaram efeito de ano sobre a contagem de leveduras nas silagens, bem como sobre o efeito dos aditivos. No primeiro ano da pesquisa, as cepas de *L. buchneri* usadas produziram teores de ácido acético semelhantes à silagem controle, mantendo relação média lactato:acetato de 2,92 e teor médio de etanol de 3,2% da MS. Já no segundo ano da pesquisa, os mesmos aditivos proporcionaram teor bem mais elevado de ácido acético, com relação lactato:acetato média de 1,10 e teor médio de etanol de 0,60% da MS. Os resultados obtidos por esses autores indicam que as bactérias inoculadas em silagens têm sua atuação influenciada por fatores ambientais associados à forragem ensilada, e que esses não são completamente entendidos.

2.3 Estabilidade aeróbia

A perda de componentes nutritivos após a abertura dos silos é também um fator determinante do valor nutritivo das silagens. A exposição da silagem ao oxigênio no painel do silo, após a abertura, e no cocho durante o fornecimento aos animais, é inevitável, permitindo o crescimento de microrganismos aeróbios que causam a deterioração da forragem.

O processo de deterioração aeróbia é iniciado pela ação de leveduras, causando elevação do pH, à medida que ocorre o processo de oxidação dos produtos da fermentação da silagem, principalmente a de ácido láctico. Com a elevação do pH, outros microrganismos oportunistas começam a proliferar, em um processo que resulta em perdas de componentes nutritivos da silagem, e que pode também comprometer sua qualidade higiênica, devido ao desenvolvimento de microrganismos patogênicos (DRIEHUIS; OUDE ELFERINK; SPOELSTRA, 1999). Dessa forma, o efeito de aditivos deve ser avaliado também em relação à estabilidade no pós-abertura. A variável mais comumente utilizada para expressar a estabilidade aeróbia de silagens é o tempo, em horas, para elevação da temperatura da massa em 2 °C (KEADY e O'KIELY, 1996).

Silagens de cana-de-açúcar são bastante propensas à deterioração aeróbia, por apresentarem teor elevado de carboidratos solúveis residuais, após a fermentação no

silo. Pedroso (2003) observou estabilidade de 65 horas para silagem de cana sem aditivos, sendo a estabilidade reduzida para 24 horas em silagens aditivadas com *L. plantarum*. A adição de *L. buchneri* ou benzoato de sódio elevou a estabilidade das silagens para 72 e 79 horas, respectivamente.

Siqueira (2005), demonstrou aumento na estabilidade das silagens inoculadas com *L. buchneri* ou com mistura de *Propionibacterium* e *L. plantarum*, em relação à silagem controle. Contudo, o pH das silagens aditivadas com *Propionibacterium* + *L. plantarum* foi mais elevado no pós-abertura, indicando possível degradação preferencial do ácido láctico, em relação ao ácido acético.

2.4 Desempenho de animais consumindo silagens de cana-de-açúcar

Existem poucos resultados na literatura referentes a avaliação de consumo e desempenho de animais alimentados com silagem de cana-de-açúcar.

Trabalhos pioneiros de Silvestre; McLeod e Preston (1976) e Alvarez; Priego e Preston (1977) avaliaram o desempenho de bovinos alimentados com dietas a base de silagens de cana tratadas com soluções de amônia aquosa e uréia com melaço, constatando que o consumo de silagens tratadas com uréia foi 39% superior ao da silagem sem aditivo e semelhante ao da cana fresca. Houve ainda, tendência de aumento no ganho de peso (16%) e melhoria da conversão alimentar do tratamento contendo silagem de cana tratada com 2% de solução de melaço e amônia, entretanto, ainda inferiores (17%) ao desempenho de animais recebendo cana fresca.

Ao comparar silagem de cana-de-açúcar sem aditivos à silagem de sorgo, em relação ao desempenho de bezerros (VALVASORI et al., 1998a) e produção de vacas leiteiras (VALVASORI et al., 1998b), os autores não verificaram efeito do volumoso sobre o consumo total de MS e proteína bruta (PB) em ambos ensaios. Entretanto, o ganho de peso dos bezerros foi 37% menor, e a produção de leite 9% menor, em relação aos animais consumindo silagem de sorgo.

Avaliando o rolão de milho como aditivo à silagem de cana-de-açúcar com uréia, Andrade; Ferrari Junior e Braun (2001) observaram que o consumo de MS, por ovelhas, foi incrementado em 77%, para a dose máxima de rolão (120 kg/t). A digestibilidade da

MS sofreu efeito similar, com o aumento da inclusão de rolão. Entretanto, os autores mencionam que não foi possível distinguir se este efeito foi devido ao aumento no teor de MS da silagem, ou ao efeito direto do rolão de milho no consumo dos animais.

Pedroso et al. (2006) avaliaram o desempenho de novilhas holandesas alimentadas com rações contendo silagens de cana-de-açúcar confeccionadas sem aditivos (controle) ou com aditivos químicos (uréia 0,5% na MV ou benzoato de sódio 0,1% MV) ou microbiano (*L. buchneri* $3,6 \times 10^5$ UFC/g MV). Esses autores verificaram taxas de ganho de peso médio diário 32 e 21% superiores à dieta controle, para as silagens de cana tratadas com *L. buchneri* e benzoato de sódio, respectivamente. A conversão alimentar para esses tratamentos seguiu tendência semelhante.

Em recente trabalho, Schmidt et al. (2006) avaliaram o desempenho de novilhas da raça Bonsmara alimentadas com rações contendo silagens de cana-de-açúcar de duas variedades (IAC86-2480 e SP81-3250), aditivadas com óxido de cálcio. Os autores não verificaram efeito de variedade sobre o consumo e as taxas de ganho de peso dos animais, com valores médios de 8,4 kg MS/dia e 1,35 kg/dia.

Junqueira (2006) avaliou doses de 1,0 e 1,5% da MV de uréia e inoculação com *L. buchneri* (5×10^4 UFC/g MV) em silagens de cana-de-açúcar, sobre o desempenho de novilhas leiteiras recebendo rações com 45% de silagem na MS. Esses autores não verificaram diferenças no desempenho entre as silagens aditivadas com uréia ou com *L. buchneri*. Embora a aditivação com uréia tenha sido eficiente em manter adequado valor nutritivo na silagem de cana-de-açúcar, a inclusão de níveis superiores a 1,0% da MV pode elevar as perdas de forragem deteriorada no silo, possivelmente em virtude do alto poder de tamponamento apresentado por esse aditivo.

Trabalhando com vacas holandesas em estágio intermediário de lactação, Queiroz et al. (2005) avaliaram o uso de silagem de cana-de-açúcar aditivada com *L. buchneri* (5×10^4 UFC/g MV) como volumoso exclusivo nas rações, comparado à cana fresca picada diariamente, à silagem de milho, ou à mistura (50:50) de cana fresca e silagem de milho. As rações com silagem de cana proporcionaram consumo de MS maior que as rações com cana fresca ou silagem de milho. A produção de leite das vacas não variou entre os tratamentos (média de 24,9 kg/dia), embora a ração com

silagem de milho tenha proporcionado 1 kg de leite a mais por dia, que as rações contendo cana.

A avaliação conjunta dos dados permite afirmar que silagens de cana-de-açúcar produzidas com aditivos efetivos apresentam reduzida queda em valor nutritivo, quando comparadas à cana fresca. Os produtos de fermentação de silagens de cana, como o ácido acético e o etanol, têm importância metabólica para o animal, como fontes de energia prontamente disponível, embora a contribuição energética desses compostos seja desprezada nas análises bromatológicas tradicionais, e nos programas de balanceamento de rações.

Referências

ALLI, I; BAKER, B.E.; GARCIA, G. Studies on the fermentation of chopped sugarcane. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.7, p.411-417, 1982.

ALLI, I; FAIRBAIRN, R; BAKER, B.E.; GARCIA, G. The effects of ammonia on the fermentation of chopped sugarcane. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.9, p.291-299, 1983.

ALVAREZ, F.J.; PRESTON, T.R. Ammonia/molasses and urea/molasses as additives for ensiled sugarcane. **Tropical Animal Production**, Santo Domingo, v.1, p. 98-104, 1976.

ALVAREZ, F.J.; PRIEGO, A.; PRESTON, T.R. Animal performance on ensiled sugarcane. **Tropical Animal Production**, Santo Domingo, v.2, p. 2-33, 1977.

ALVES, D. M. G. **Fatores que afetam a formação de ácidos orgânicos bem como outros parâmetros da fermentação alcoólica**. 1994. 98p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.

ANDRADE, J.B.; FERRARI JÚNIOR, E.; POSSENTI, R.A.; LEINZ, F.F.; BIANCHINI, D.; RODRIGUES, C.F.C. Aditivo biológico na ensilagem de cana-de-açúcar tratada com uréia. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v.57, n.2, p. 139-149, 2000.

ANDRADE, J.B.; FERRARI JÚNIOR, E; BRAUN, G. Valor nutritivo da silagem da cana-de-açúcar tratada com uréia e acrescida de rolão de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 9, p.1169-1174, 2001.

BALIEIRO NETO, G.; SIQUEIRA, G.R.; NOGUEIRA, J.R.; REIS, R.A.; SILVA, D.N.; ROTH, A.P.T.P. Pós-abertura de silagem de cana-de-açúcar cv. IAC86-2480 (*Saccharum officinarum* L.) com doses de óxido de cálcio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005a, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBZ, 2005a. 1 CD ROM.

BALIEIRO NETO, G.; SIQUEIRA, G.R.; NOGUEIRA, J.R.; REIS, R.A.; SILVA, D.N.; ROTH, A.P.T.P. Valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar cv. IAC 86/2480 (*Saccharum officinarum* L.) com doses de óxido de cálcio antes e depois da ensilagem e com 3, 6 e 9 dias após abertura do silo. In: CONGRESSO NACIONAL DE ZOOTECNIA, 10., 2005b, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: ZOOTEC, 2005b. 1 CD-ROM.

BERNARDES, T.F.; SILVEIRA, R.N.; COAN, R.M.; REIS, R.A.; MOREIRA, A.L.; SCHOCKEN ITURRINO, R.P. Características fermentativas e presença de levedura na cana-de-açúcar crua ou queimada ensilada com aditivo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. 1 CD ROM.

BOLSEN, K.K.; LIN, C.; BRENT, B.E.; FEYERHERM, A.M.; AIMUTIS, W.R.; URBAN, J.E. Effects of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfafa and corn silages. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.75, p.3066-3083, 1992.

BRAVO-MARTINS, C.E.C. **Identificação de leveduras envolvidas no processo de ensilagem de cana-de-açúcar e utilização de extratos vegetais como seus inibidores**. 2004. 148p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

BRITT, D.G.; HUBER, J.T.; ROGERS, A.L. Fungal growth and acid production during fermentation and refermentation of organic acid treated corn silages. **Journal of Dairy Sciences**, Lancaster, v. 58, p. 532-539, 1975.

CASTRO NETO, A.G. **Avaliação de silagens de cana-de-açúcar submetidas a diferentes tratamentos**. 2003. 101p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

CHALUPA, W.; EVANS, J.L.; STILLIONS, M.C. Influence of ethanol on rumen fermentation and nitrogen metabolism. **Journal of Animal Science**, Albany, v.23, p.802-807, 1964.

DANNER, H.; HOLZER, M.; MAYRHUBER, E.; BRAUN, R. Acetic acid increases stability of silage under aerobic conditions. **Applied and Environmental Microbiology**, Baltimore, v.69, n.1, p.562-567, 2003.

DOLBERG, F. Progress in the utilization of urea-ammonia treated crop residues: nutritional dimensions and application of the technology on small farms. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29., 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: SBZ, 1992. p.130-145.

DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; SPOELSTRA, S.F. Anaerobic lactic acid degradation during ensilage of whole crop maize inoculated with *Lactobacillus buchneri* inhibits yeast growth and improves aerobic stability. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v.87, p. 583-594, 1999.

DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; VAN WIKSELAAR, P.G. Fermentation characteristics and aerobic stability of grass silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*, with or without homofermentative lactic acid bacteria. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.56, p.330-343, 2001.

DURIX, A.; JEAN-BLAIN, C.; SALLMANN, H.P.; JOUANY, J.P. Use of a semicontinuous culture system (RUSITEC) to study the metabolism of ethanol in the rumen and its effects on ruminal digestion. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.71, p.115-123, 1991.

FERRO, L. A. **Efeito de alguns herbicidas sobre a fermentação alcoólica realizada por leveduras *Saccharomyces cerevisiae***. 1994. 82p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.

FREITAS, A.W.P.; PEREIRA, J.C.; ROCHA, F.C.; COSTA, M.G.; LEONEL, F.P.; RIBEIRO, M.D. Avaliação da qualidade nutricional da silagem de cana-de-açúcar com aditivos microbianos e enriquecida com resíduo da colheita de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v.35, n.1, p.38-47, 2006a.

FREITAS, A.W.P.; PEREIRA, J.C.; ROCHA, F.C.; DETMANN, E.; RIBEIRO, M.D.; COSTA, M.G.; LEONEL, F.P. Características da silagem de cana-de-açúcar tratada com inoculante bacteriano e hidróxido de sódio e acrescida de resíduo da colheita de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v.35, n.1, p.48-59, 2006b.

GONZÁLEZ, E.; McLEOD, N.A. Spontaneous fermentation of sugarcane. **Tropical Animal Production**, Santo Domingo, v.1, p.80-84, 1976.

GOULD, J.; SCHOLLJEGERDES, E.J; WESS, B.W. Supplemental ethanol for ruminants consuming forage-based diets. In: UNIVERSITY OF WYOMING ANNUAL SCIENCE RESEARCH REPORT, 2001, Wyoming. Disponível em: <<http://uwadmnweb.uwyo.edu/anisci/ANSCAnnualReport2001.htm>>. Acesso em: 22 jun. 2005.

GUTIERREZ, L. E. **Bioquímica de leveduras**. Piracicaba: ESALQ, 1997. 270p.

GUTIERREZ, L. E.; ANNICCHINO, A. V. K. O.; LUCATTI, L.; STIPP, J. M. S. Efeitos do ácido acético sobre a fermentação alcoólica. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v.34, n.2, p.235-242, 1991.

HUBER, J.T.; FOLDAGER, J.; SMITH, N.E. Nitrogen distribution in corn silage treated with varying levels of ammonia. **Journal of Animal Science**, Albany, v.48, n.6, p.1509-1515, 1979.

HUBER, J.T.; SMITH, N.E.; STILES, J. Influence of time after ensiling on distribution of nitrogen in corn silage treated with ammonia. **Journal of Animal Science**, Albany, v.51, n.6, p.1387-1392, 1980.

ÍTAVO, L.C.V.; BATISTA, C.E.T.; ÍTAVO, C.C.B.F.; OLIVEIRA, L.A.; MORAIS, M.G.; COELHO, E.M. Parâmetros fermentativos e composição química de silagens de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) submetidas à diferentes aditivos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande:SBZ, 2004. 1 CD ROM.

JOBIM, C.C; GONÇALVES, G.D. Microbiologia de forragens conservadas. In: REIS, R.A.; BERNARDES, T.F.; SIQUEIRA, G.R.; MOREIRA, A.L. (Ed.). **Volumosos na Produção de Ruminantes: Valor Alimentício de Forragens**. Jaboticabal: Editora Funep, 2003, p.1-26.

JUNQUEIRA, M.C. **Aditivos químicos e inoculantes microbianos em silagens de cana-de-açúcar: perdas na conservação, estabilidade aeróbia e o desempenho de animais**. 2006. 98p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

KEADY, J.W.T.; O'KIELY, T. An evolution of effects of rates of the nitrogen fertilization of the grassland on silage fermentation, in silo losses, effluent production and stability. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.51, p.350-362, 1996.

KLEINSCHMIT, D.H.; SCHMIDT, R.J.; KUNG, L. Junior. The effects of various antifungal additives on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.88, n.6, p. 2130-2139, 2005.

KUNG, L. Junior.; STANLEY, R.W. Effects of stage of maturity on the nutritive value of whole-plant sugarcane preserved as silage. **Journal of Animal Science**, Albany, v.54, p.689-696, 1982.

LIN, C.; BOLSEN, K.K.; BRENTHART, R.A.; DICKERSON, J.T.; FEYERHERM, A.M.; AIMUTIS, W.R. Epiphytic microflora on alfafa and whole plant corn. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 75, p. 2484-2493, 1992.

LÓPEZ, Z.A.; MOREÑO, I.E.; FOGLIATA, F.A.; AYALA, H.G. Microbial population of sugar juice that is neither affected nor deteriorated by frost. **Sugar y Azúcar**, Guadalajara, v.83, p.21-34, 1988.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. 2nd ed. Merlow:Chalcomb Publications, 1991. 340p.

MOON, N.J. Inhibition of the growth of acid tolerant yeasts by acetate, lactate and propionate and their synergistic mixtures. **Journal of Applied Bacteriology**, Oxford, v.55, p.453-460, 1983.

NARENDRANATH, N.V.; THOMAS, K.C.; INGLEDEW, W.M. Effects of acetic acid and lactic acid on the growth of *Saccharomyces cerevisiae* in a minimal medium. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, Berlin, v.26, n.3, p.171-177, 2001.

NISHIMO, N.; YOSHIDA, M.; SHIOTA, H.; SAKAGUCHI, E. Accumulation of 1,2-propanediol and enhancement of aerobic stability in whole crop maize silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v.94, p.800-807, 2003.

PALKOVA, Z.; JANDEROVA, B.; GABRIEL, J.; ZIKANNOVA, B.; POSPISEK, M.; FORSTOVA, J. Ammonia mediates communication between yeast colonies. **Nature**, Londres, v.390, p.532-536, 1997.

PEDROSO, A.F. **Aditivos químicos e microbianos como inibidores da produção de etanol em silagens de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. 2003. 140p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F.; LOURES, D.R.S.; IGARASI, M.S.; COELHO, R.M.; PACKER, I.H.; HORII, J.; GOMES, L.H. Fermentation and epiphytic microflora dynamics in sugar cane silage. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.62, n.5, p.427-432, 2005.

PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; BARIONI, W.Junior.; RODRIGUES, A.A.; LOURES, D.R.S.; CAMPOS, F.; RIBEIRO, J.L.; MARI, L.; ZOPOLLATTO, M.; JUNQUEIRA, M.; SCHMIDT, P.; PAZIANI, S.F.; HORII, J. Performance of holstein heifers fed sugarcane silages treated with urea, sodium benzoate or *Lactobacillus buchneri*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.4, p.649-654, 2006.

PRADHAN, K.; HEMKEN, R.W. Utilization of ethanol and its effect on fatty acids patterns in ruminants. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 42, p.1739-1746, 1970.

PRESTON, T.R.; HINOJOSA, C.; MARTINEZ, L. Ensiling of sugarcane with ammonia molasses and mineral acids. **Tropical Animal Production**, Santo Domingo, v.1, p.120-126, 1976.

- QUEIROZ, O.C.M.; NUSSIO, L.G.; SANTOS, M.C.; RIBEIRO, J.L.; SCHMIDT, P.; ZOPOLLATTO, M.; JUNQUEIRA, M.C.; CAMARGO, M.C. Sugarcane silage compared with traditional roughage sources on performance of dairy cows. In: INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 14., 2005, Belfast. **Proceedings...** Belfast: Wageningen Academic Publishers, 2005. p.257.
- RANDBY, A.T.; SELMER-OLSEN, I.; BAEVRE, L. Effect of ethanol in feed on milk flavor and chemical composition. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.82, n.2, p.420-428, 1999.
- RANJIT, N.K.; KUNG Jr., L. The effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.83, p.526-535, 2000.
- ROTZ, C.A.; MUCK, R.E. Changes in forage quality during harvester and storage. In: FAHEY, D.C.; COLLINS, M.; MERTENS, D.R.; MOSER, L.E. (Ed.). **Forage quality, evaluation, and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society, Soil Science Society, 1994. p.828-868.
- SCHMIDT, P.; NUSSIO, L.G.; MARI, L.G.; RIBEIRO, L.J.; OLIVEIRA, J.E.; SANTOS, M.C.; MOURÃO, G.B.; SARTURI, J.O.; QUEIROZ, O.C.M.; ZOPOLLATO, M. Desempenho de novilhas de corte alimentadas com rações contendo silagens de cana-de-açúcar de duas variedades, aditivadas com cal virgem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 2006. 1 CD ROM.
- SILVA, S.A.R. **Avaliação da eficiência fermentativa da cana-de-açúcar ensilada com diferentes aditivos**. 2003. 44p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2003.
- SILVESTRE, R.; McLEOD, N.A.; PRESTON, T.R. The performance of steers fed fresh chopped whole sugarcane or after ensiling with urea or ammonia. **Tropical Animal Production**, Santo Domingo, v.1, p.216-222, 1976.
- SIQUEIRA, G.R. **Cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) ensilada com aditivos químicos e microbianos**. 2005. 92p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2005.
- TAYLOR, C.C.; RANJIT, N.J.; MILLS, J.A.; NEYLON, J.M.; KUNG, L.Junior. The effect of treating whole-plant barley with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability, and nutritive value for dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.85, n.7, p. 1793-1800, 2002.

VALVASORI, E.; LUCCI, C.S.; PIRES, F.L.; ARCARO, J.R.P.; ARCARO, I. Junior. Desempenho de bezerros recebendo silagens de sorgo ou cana-de-açúcar como únicos alimentos volumosos. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v.35, n.5, p.229-232, 1998a.

VALVASORI, E.; LUCCI, C.S.; PIRES, F.L.; ARCARO, J.R.P.; ARCARO, I. Jr. Silagem de cana-de-açúcar em substituição a silagem de sorgo granífero para vacas leiteiras. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v.35, n.3, p.139-142, 1998b.

WOOLFORD, M.K. Microbial screening of food preservatives, cold sterilants and specific antimicrobial agents as potential silage additives. **Journal of Science Food and Agriculture**, Oxford, v.26, p.229-237, 1975.

3 COMPOSIÇÃO QUÍMICO-BROMATOLÓGICA E PERDAS FERMENTATIVAS DE VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR ENSILADAS COM E SEM URÉIA

Resumo

O objetivo desse experimento foi avaliar os fatores: variedade de cana-de-açúcar (IAC86-2480 e IAC87-3184), idades de colheita (12, 15 e 18 meses), inclusão de aditivo na ensilagem (com ou sem 0,5% de uréia na massa verde) e tempos de armazenamento das silagens (60 ou 120 dias), sobre a composição químico-bromatológica silagens e perdas durante o processo de ensilagem. O experimento foi realizado em um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x2x2x2, compondo 24 tratamentos, com quatro repetições. As silagens foram confeccionadas em silos experimentais, em três épocas distintas (dezembro, março e junho), referentes às idades de colheita citadas. Os fatores avaliados influenciaram a composição de nutrientes das silagens. Nas três idades de corte avaliadas, a variedade IAC86-2480 apresentou menor teor de fração fibrosa e de matéria seca, e maior digestibilidade *in vitro*, em relação à IAC87-3184. Esse efeito foi semelhante na composição das silagens, que apresentaram valores médios de FDN, FDA e DVIVMS de 63,9; 39,2 e 57,9% da MS, para a variedade IAC86-2480, e 65,4; 40,2 e 53,1% da MS, para a IAC87-3184. A composição de nutrientes das variedades de cana utilizadas variou pouco entre as colheitas, com exceção ao teor de MS, que foi reduzido nas plantas colhidas aos 15 meses. Nessa idade de colheita, as silagens de ambas variedades apresentaram perdas reduzidas de gases e perda total de MS, em relação às outras duas idades de colheita. O fator tempo de abertura não influenciou as perdas fermentativas nem a produção de efluentes nas silagens. As perdas por produção de gases e as perdas totais de MS estiveram intimamente associadas. A aplicação de uréia nas ensilagens foi efetiva em reduzir as perdas totais de MS, com valores para a silagem sem uréia de 28,5; 14,0 e 31,7%, e para as silagens contendo uréia de 23,0; 10,9 e 30,2%, para silagens de plantas colhidas aos 12, 15 e 18 meses, respectivamente. Os valores de recuperação do nitrogênio nas silagens foram elevados, variando entre 71 e 137% do teor de N inicial. A adição de uréia não alterou os teores de etanol (4,0% da MS) ou ácido acético (2,2% da MS) nas silagens, elevando, contudo, o teor médio de ácido láctico, de 2,7 para 3,5% da MS. Outros componentes além do etanol parecem estar associados às perdas de MS em silagens de cana-de-açúcar. Variedades com maior teor de carboidratos solúveis tendem a apresentar perdas fermentativas mais elevadas, devendo esse fator ser considerado no manejo de aditivos na ensilagem.

Palavras-chave: idade de colheita, armazenamento, etanol, ácido láctico, IAC86-2480, IAC87-3184.

Abstract

Chemical composition and fermentative losses of sugar cane varieties ensiled with or without urea

The objective of this trial was to evaluate the following factors: the sugar cane varieties (IAC86-2480 and IAC87-3184), the harvesting forage ages (12, 15 or 18 months), the urea addition on ensiling (with or without 0.5% urea on wet basis) and silage storage time (60 or 120 days) on the chemical composition of silages and the fermentative losses during the process. A factorial 3x2x2x2 completely randomized design was assigned to the experimental silos, composed by 24 treatments with four replications each. The nutrient composition of silages was affected by the analyzed factors. The silages were prepared during three different year seasons (december, march and june), which represented the harvesting forage ages mentioned. The nutritive value of silages were affected by all studied factors. Lower dry matter and fiber contents and higher *in vitro* digestibility were observed for the IAC 86-2480 variety across all maturity stages, compared with the IAC87-3184 variety. A similar trend was observed for silages which showed mean values of NDF, ADF and IVDMD of 63.9; 39.2 and 57.9% in DM basis, respectively for IAC86-2480, while the average values of NDF, ADF and IVDMD were 65.4; 40.2; 53.1% for the IAC87-3184. For both varieties, there was low variability in chemical composition between the harvesting ages, except for the DM content, which was lower for the 15-month harvesting age. At this maturity stage, all silages had the lowest gaseous production and dry matter losses. Silage storage time did not affect neither the fermentation losses nor the effluent production. The gas production of silages were close related with dry matter losses. Urea was effective in lowering the total dry matter losses for all silages. Mean DM total losses values of 28.5, 14.0 and 31.7% were observed for control silages while the urea treated silages averaged 23.0; 10.9 and 30.2% at 12, 15 and 18 month of harvesting age, respectively. High nitrogen recovery rates were observed in treated silages, which ranged between 71 and 137% of the initial N content. Urea was ineffective on controlling both ethanol (4.0% of DM) and acetic acid (2.2% of DM) production. However, the presence of urea increased the lactic acid content from 2.7 to 3.5% of DM basis. Other chemical compounds than ethanol might be also related with dry matter losses in sugar cane silages. Varieties containing higher soluble carbohydrates content may increase fermentative losses which in turn may be considered to fit with the management silage additives.

Key words: harvest age, storage, ethanol, lactic acid, IAC86-2480, IAC87-3184.

3.1 Introdução

Embora o uso de cana-de-açúcar para alimentação de ruminantes seja tradicional, apenas em anos recentes tem-se dado atenção à variedade, como fator determinante do desempenho dos animais.

Devido à alta produção de matéria seca e riqueza em açúcar, além de resistência a doenças e a facilidade na aquisição de mudas, têm-se recomendado variedades industriais utilizadas pelas usinas de açúcar e álcool, para alimentação de bovinos (LANDELL et al, 2002).

Na busca constante por novas e melhores variedades de cana-de-açúcar, adaptadas a diferentes condições edafoclimáticas, trabalhos de melhoramento genético dessa planta têm verificado a existência de diferenças nutricionais consideráveis entre os genótipos de cana. Assim, um novo campo de estudo se abre no melhoramento dessa cultura, com a demanda por variedades que, além de produtivas e resistentes, possam incrementar o desempenho dos ruminantes ou reduzir os níveis de concentrado usados no balanceamento das rações. Neste contexto, Landell et al. (2002) descrevem a variedade IAC86-2480 como um material de boa produtividade, alto teor de açúcar e baixo teor de fibra, apresentando grande potencial para uso na alimentação animal.

Apesar do uso tradicional da cana como capineira, a ensilagem da cana-de-açúcar apresenta-se como ferramenta para situações onde o corte diário é dificultado, ou quando há necessidade de liberação de áreas em curto espaço de tempo. Contudo, observa-se que a cana-de-açúcar ensilada sem aditivos apresenta fermentação alcoólica decorrente do desenvolvimento da população de leveduras epifíticas, com grandes perdas de MS e baixa ingestão potencial de MS pelo animal. Embora vários trabalhos de pesquisa com silagem de cana-de-açúcar tenham sido desenvolvidos nos últimos anos, poucas informações são disponíveis sobre efeitos de variedades, aditivos e períodos de estocagem sobre o valor nutritivo desse volumoso ensilado.

Os primeiros testes com aditivos, para controle do desenvolvimento de leveduras em silagens de cana, foram realizados com base em resultados promissores de experimentos pioneiros que avaliaram o uso de amônia (NH₃-solução) para o controle de leveduras e fungos em silagens de milho (BRITT; HUBER; ROGERS, 1975).

Na década de 70, trabalhos conduzidos por Preston; Hijinosa e Martinez (1976) e Alvarez e Preston (1976), testando combinações de amônia aquosa e uréia com melaço, verificaram queda na produção de etanol em silagens de cana, detectando ainda que ambas soluções apresentaram efeito positivo sobre a preservação das

silagens, com efeito mais pronunciado da amônia, traduzido pelo menor consumo de açúcares solúveis durante o processo.

Devido à facilidade de obtenção e uso, recentemente, vários estudos têm sido realizados avaliando-se a adição de uréia em silagens de cana-de-açúcar. Os resultados são bastante variáveis, para doses entre 0,5 a 2,0% da massa verde (MV). Durante a ensilagem, a uréia se transforma parcialmente em amônia (NH_3) que tem efeito inibidor sobre a população de leveduras e mofos, reduzindo a produção de etanol, as perdas de MS e de carboidratos solúveis (CHOs) da forragem ensilada (ALLI et al., 1983).

Avaliando o efeito das doses de 0,5; 1,0 e 1,5% de uréia na MV na ensilagem da cana-de-açúcar, Pedroso (2003) verificaram redução na perda total de matéria seca (MS) e elevação na digestibilidade verdadeira *in vitro* da MS (DVIVMS) das silagens tratadas em relação à silagem sem aditivos (controle), sem, contudo, observar efeito das doses de uréia aplicadas. O autor afirmou que a uréia apresenta bom potencial para uso em na ensilagem da cana-de-açúcar, em função da redução nas perdas de MS e incremento em PB, para doses variando ente 0,5 e 1,0% da MV.

O grau de maturidade da cana-de-açúcar tem efeito direto sobre o valor nutritivo da cana-de-açúcar, devido ao acúmulo de carboidratos solúveis e elevação da digestibilidade (BOIN e TEDESCHI, 1993) o que pode ter efeito sobre a dinâmica de fermentação na ensilagem desse volumoso. Segundo Preston (1984), a cana-de-açúcar apresenta a vantagem de crescimento rápido durante o período das águas, e elevado teor de açúcares solúveis, com aumento expressivo no período de seca (até 50% da MS).

Contudo, esse efeito de amadurecimento parece acarretar elevação nas perdas quando essa forragem é armazenada na forma de silagem. Kung Jr. e Stanley (1982) constataram produção crescente de álcool em silagens de cana-de-açúcar ensiladas com seis, nove e 12 meses de crescimento (7,5; 9,5 e 15,5% de etanol na MS, respectivamente), com conseqüente diminuição na concentração de energia bruta da forragem.

Da mesma forma, o período de estocagem da silagem parece influenciar não só as perdas de MS, pela produção de compostos indesejáveis (etanol), como também a detecção desses compostos voláteis, que são progressivamente perdidos do silo.

Comparando dois períodos de estocagem de silagens de cana tratadas com diferentes aditivos, Pedroso (2003) observou elevação nas perdas de MS (24%) e redução na DVIVMS (3,7%) e no teor de etanol (11%), ao se elevar a estocagem de 90 para 180 dias. O autor conclui que a elevação nas perdas de MS pode ter sido devida a fermentações indesejáveis, embora a constatação pontual do teor de etanol nas silagens indique que esse produto possa ter sido perdido por volatilização ou usado por outros microrganismos.

O objetivo desse ensaio foi avaliar a composição morfológica e bromatológica de duas variedades de cana-de-açúcar ao longo de três idades de corte, em diferentes estações do ano, bem como o valor nutritivo e as perdas das silagens dessas plantas adicionadas ou não de uréia, e armazenadas por dois períodos distintos.

3.2 Material e métodos

3.2.1 Local do experimento

O experimento foi realizado no Centro de Pesquisa Pecuária Sudeste (CPPSE/Embrapa), em São Carlos/SP, no período de dezembro/2002 a outubro/2003.

3.2.2 Desenho experimental

Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, em um esquema fatorial 3x2x2x2, compondo 24 tratamentos, com quatro repetições, totalizando 96 unidades experimentais (minisilos). Os fatores testados foram:

- três idades cronológicas (12, 15 e 18 meses);
- duas variedades de cana-de-açúcar (IAC86-2480 e a IAC87-3184);
- duas doses de aditivo na ensilagem (0,0 e 0,5% de uréia na MV);
- dois períodos de estocagem (60 e 120 dias).

Ambas as variedades de cana-de-açúcar usadas nesse ensaio são classificadas como plantas de ciclo intermediário, com manutenção do teor de sólidos solúveis (POL%) em níveis superiores entre os meses de maio a outubro (LANDELL et al., 2002).

3.2.3 Avaliações agronômicas

Simultaneamente às ensilagens realizadas em março (15 meses) e junho (18 meses), efetuaram-se avaliações agronômicas para determinação de parâmetros de produtividade, composição morfológica e concentração aparente de sólidos solúveis no caldo, das duas variedades de cana usadas nesse experimento. Em decorrência de limitações operacionais, essas tomadas de medidas não puderam ser realizadas durante a ensilagem ocorrida em dezembro (12 meses).

Para estimar a produtividade de cada variedade foram colhidos manualmente 14 metros lineares, em duas linhas contíguas de 7 metros. As plantas foram pesadas e a produção por hectare (ha), de MV e MS, calculada para um espaçamento de 1,2 metro entre linhas.

Tabela 2 – Produtividade estimada, composição morfológica e teor de sólidos no caldo de duas variedades de cana-de-açúcar

	15 meses		18 meses	
	IAC86-2480	IAC87-3184	IAC86-2480	IAC87-3184
Matéria seca, %	24,2	28,4	27,7	32,3
Produtividade, t MV/ha	144,3	195,3	153,8	183,5
Produtividade, t MS/ha	34,9	55,5	43,1	59,3
Colmo, % MS	77,1	55,2	80,4	70,7
Folhas verdes, % da MS	21,2	39,5	15,8	15,1
Folhas secas, % da MS	1,69	5,33	3,81	14,1
Brix, °brix	19,1	17,5	21,3	18,7

Para determinar a composição morfológica foram tomadas aleatoriamente 10 plantas inteiras de cada variedade, que foram fracionadas em colmo, folhas verdes e folhas secas. Essas frações foram pesadas, picadas em picadora estacionária de facas, amostradas e secas em estufa de ventilação forçada a 55 °C. Da mesma forma, a concentração aparente de sólidos solúveis (BRIX) foi avaliada no caldo extraído dos internós médios de quatro colmos distintos, para cada variedade, usando-se um refratômetro de campo (TOKYO® - 032).

Por não apresentar repetições de amostragens, os dados de avaliações agronômicas são apresentados como médias, sem análise estatística (tabela 2).

3.2.4 Ensilagens

Foram realizados três cortes das variedades de cana para a ensilagem, nos dias 06 de dezembro de 2002, 18 de março e 10 de junho de 2003, quando a forragem apresentava idade cronológica de 12, 15 e 18 meses, respectivamente. As variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) utilizadas foram a IAC86-2480 e a IAC87-3184, ambas cultivadas em talhões na própria unidade da Embrapa, submetidos a apenas um corte anterior (talhões de 2º corte).

Nas três idades de corte, ambas as variedades de cana-de-açúcar foram cortadas manualmente ao nível do solo e picadas sem a retirada de palhas, em picadora de facas, modelo estacionária acoplada ao trator. A cana picada foi transportada a um galpão coberto para confecção dos tratamentos e enchimento dos minisilos. A cana picada, de cada variedade, foi pesada e dividida em dois montes, em quantidade suficiente para encher os minisilos do respectivo tratamento. Em um dos montes não foi aplicado qualquer aditivo (tratamento controle). No outro monte foi aplicada manualmente, com auxílio de regador, a dose de 0,5% de uréia na MV, diluída em pequena quantidade de água (6L/t MV) e homogeneizada à forragem.

3.2.5 Silos experimentais

As ensilagens foram realizadas em minisilos experimentais (baldes plásticos de 20 litros de capacidade), providos de tampas apropriadas, permitindo vedação

adequada. Nas tampas foi feito um pequeno orifício onde adaptou-se uma mangueira de borracha com um corte longitudinal, formando uma válvula tipo *Bunsen*, para eliminação de gases produzidos durante a estocagem.

A forragem picada foi colocada em camadas dentro dos baldes e compactada com os pés, buscando atingir-se densidades próximas a 700 kg/m^3 ($12,7 \pm 1,1 \text{ kg}$ forragem/balde).

No fundo de cada silo foi colocado aproximadamente 3 kg de areia fina seca, para coleta de efluentes, separada da silagem por uma tela plástica e um tecido de algodão. Foi mensurada a tara (balde + tampa + areia seca + tela e pano) antes da ensilagem, e o peso dos baldes cheios e tampados, para determinação quantitativa das perdas por gases, perda total de MS e perda por efluentes, com base nas diferenças gravimétricas. Após cada uma das três ensilagens, os baldes tiveram suas tampas vedadas com fita adesiva, e foram mantidos em local coberto, sob temperatura ambiente, até a abertura, aos 60 ou 120 dias de armazenamento.

3.2.6 Abertura dos silos experimentais

Decorridos os respectivos tempos de estocagem, de 60 ou 120 dias após cada ensilagem, procedeu-se a abertura dos baldes respectivos àqueles tratamentos.

Na abertura foram retiradas as fitas adesivas de vedação e os silos fechados foram novamente pesados cheios. Após a retirada da silagem a tara (balde + tampa + areia úmida + tela e pano) foi novamente mensurada.

3.2.6.1 Determinação da produção de efluente

A determinação da produção de efluente foi realizada mediante diferença de pesagens do conjunto silo e areia, depois e antes da ensilagem, em relação à quantidade de MV ensilada. Após ser retirada toda a forragem do silo experimental, pesou-se o conjunto (balde + tampa + areia úmida + tela e pano) e, subtraindo-se deste o peso do mesmo conjunto antes da ensilagem, efetuou-se a estimativa da produção de efluente drenado para o fundo do balde, conforme a equação 1:

$$E = \frac{(Pab - Pen) \times 1000}{(MVfe)} \quad (1)$$

onde:

E = Produção de efluente (kg/t de massa verde);

Pab = Peso do conjunto (balde+tampa+areia úmida+pano+tela) na abertura (kg);

Pen = Peso do conjunto (balde+tampa+areia seca+pano+tela) na ensilagem (kg);

MVfe = Massa verde de forragem ensilada (kg).

3.2.6.2 Determinação da perda por gases

A perda de matéria seca decorrente da produção de gases foi calculada pela diferença entre o peso bruto de MS inicial e final dos silos experimentais, em relação à quantidade de MS ensilada, descontados o peso do conjunto silo e areia seca, conforme a equação 2:

$$G = \frac{[(PCen - Pen) * MSen] - [(PCab - Pen) * MSab]}{[(PCen - Pen) * MSen]} \times 100 \quad (2)$$

onde,

G = Perda por gases (% MS);

PCen = Peso do balde cheio na ensilagem (kg);

Pen = Peso do conjunto (balde+tampa+areia seca+pano+tela) na ensilagem (kg);

MSen = Teor de matéria seca da forragem na ensilagem (% MS);

PCab = Peso do balde cheio na abertura (kg);

MSab = Teor de matéria seca da forragem na abertura (% MS).

A equação aqui apresentada difere da utilizada por outros autores (PEDROSO, 2003; PAZIANI, 2004; SIQUEIRA, 2005), e foi proposta como adaptação ao modelo existente, por considerar-se melhor ajustada e mais condizente com a resposta esperada. Para tanto, realizou-se estimativa das perdas totais de MS, pelo somatório das perdas originadas por gases (calculadas usando-se os dois modelos) e efluente,

adotando-se o teor de MS de 6% para o efluente. Os resultados foram comparados com as perdas de MS observadas, para cada unidade experimental.

Pela equação proposta, as perdas calculadas (gás+efluente) equivaleram, em média, a 92,9% das perdas de MS observadas, enquanto pelo modelo anterior, o somatório respondeu apenas por 60,6% das perdas de MS observadas. Esses resultados indicaram que o modelo para cálculo da produção de gases anteriormente utilizado subestimou essa variável, sugerindo a adoção da equação adaptada para os cálculos realizados no presente estudo.

3.2.6.3 Determinação da perda total de MS

A perda de total de matéria seca foi estimada pela diferença entre o peso bruto de MS inicial e final dos silos experimentais, em relação à quantidade de MS ensilada, descontados o peso do conjunto silo e areia seca na ensilagem, e do conjunto silo e areia úmida na abertura, conforme a equação 3:

$$PMS = \frac{[(PCen - Pen) * MSen] - [(PCab - Pab) * MSab]}{[(PCen - Pen) * MSen]} \times 100 \quad (3)$$

onde,

PMS = Perda total de matéria seca (%);

PCen = Peso do balde cheio na ensilagem (kg);

Pen = Peso do conjunto (balde+tampa+areia seca+pano+tela) na ensilagem (kg);

MSen = Teor de matéria seca da forragem na ensilagem (% MS);

PCab = Peso do balde cheio na abertura (kg);

Pen = Peso do conjunto (balde+tampa+areia úmida+pano+tela) na abertura (kg);

MSab = Teor de matéria seca da forragem na abertura (% MS).

3.2.7 Amostragens

3.2.7.1 Amostragens durante as ensilagens

A forragem destinada à montagem dos silos experimentais, em cada uma das três épocas de ensilagem, foi amostrada, sendo colhidas três amostras de cada tratamento, para determinação de aspectos físicos e da composição químico-bromatológica. As amostragens foram realizadas em cinco pontos diferentes dos montes de cana, buscando boa representatividade.

Uma amostra, de aproximadamente 500 g foi acondicionada em saco de papel para secagem em estufa de ventilação forçada, a 55 °C. Uma segunda amostra, de aproximadamente 100 g foi armazenada em saco plástico e congelada imediatamente, para confecção de extrato aquoso (item 3.2.8.2). A terceira amostra, de 300 g, foi armazenada em saco plástico e armazenada em congelador, para determinação do tamanho médio de partículas.

A composição químico-bromatológica e física das forragens no momento das ensilagens esta apresentada na tabela 5.

3.2.7.2 Amostragens nas aberturas dos silos experimentais

A forragem de todos os baldes, em cada uma das seis datas de aberturas, foi amostrada para determinação da composição químico-bromatológica.

Após a abertura dos silos experimentais, a camada inicial de silagem, de aproximadamente 10 cm foi descartada, e o restante da forragem foi retirado e homogeneizado em uma bandeja de metal. Após a homogeneização, foram retiradas duas amostras da forragem de cada silo. Uma amostra de aproximadamente 500 g foi acondicionada em saco de papel para secagem em estufa de ventilação forçada, a 55 °C. Outra amostra, de aproximadamente 100 g foi acondicionada em saco plástico e armazenada imediatamente em congelador, para posterior confecção de extrato aquoso da silagem.

3.2.8 Análises químico-bromatológicas

3.2.8.1 Amostras secas em estufa

As amostras da cana obtida durante as ensilagens e das silagens, após serem secas em estufa de ventilação forçada, a 55 °C por 72 horas, foram moídas contra peneira de malha de 1 mm, em moinho do tipo Wiley. As análises bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Bromatologia da FCAV/Unesp, em Jaboticabal/SP, determinando-se as seguintes variáveis:

- matéria seca em estufa a 105 °C por 8 horas.
- matéria mineral (cinzas) em mufla a 550 °C por 3 horas.
- fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), segundo método propostos por Van Soest e Robertson (1985). O teor de hemicelulose foi calculado como a diferença entre os teores observados de FDN e FDA.
- proteína bruta (PB) pelo método micro Kjeldahl (AOAC, 1990).
- digestibilidade verdadeira *in vitro* matéria seca (DVIVMS) e da matéria orgânica (DVIVMO) foram determinados com base no método ANKOM[®] Fiber Analyser (ANKON Technology Corporation), descrito por Holden (1999).

3.2.8.2 Amostras de forragem fresca

As amostras de cana fresca e silagens mantidas congeladas a -20 °C foram descongeladas nos sacos plásticos fechados, evitando-se que vapor se condensasse na amostra. Para confecção do extrato aquoso (KUNG Jr. et al., 1984) foi retirada uma alíquota de 25g de cada amostra, que foi processada em liquidificador com 225 mL de água deionizada, por um minuto. O valor de pH do extrato foi medido em potenciômetro digital (DIGIMED[®] – DM20) e o extrato foi filtrado em papel de filtro Whatman[®] 54, centrifugado por 15 minutos a 10.000 rpm, pipetado e armazenado em tubos tipo Eppendorf de 1,5 mL, mantidos em congelador a -20 °C.

Os extratos das amostras de cana-de-açúcar fresca foram usados para determinação do teor de carboidratos solúveis (CHO's) por espectrofotometria (DUBOIS et al., 1956).

Os extratos das amostras de silagens foram usados para determinação de carboidratos solúveis por espectrofotometria com leitura em 490 nm (DUBOIS et al., 1956); ácido láctico por espectrofotometria com leitura em 565 nm (adaptado de PRYCE, 1969); nitrogênio amoniacal por espectrofotometria com leitura em 550 nm (CHANEY e MARBACH, 1962), usando um espectrofotômetro JENWAY-6405 UV/VIS®.

Ácidos graxos voláteis no extrato (acético, propiônico e butírico) foram determinados segundo metodologia descrita por Palmquist e Conrad (1971) em cromatógrafo líquido-gasoso, CLG (Hewlett Packard® 5890 series II), equipado com braço mecânico HP Integrator 3396 série II (Hewlett Packard Company®). O gás de arraste e os comburentes foram nitrogênio, hidrogênio e oxigênio, respectivamente, nas vazões de 20, 30 e 400 mL/min. As temperaturas do injetor, do detector e da coluna foram de 150, 190 e 115 °C, respectivamente.

Na determinação usou-se 800 µL de extrato da silagem acondicionado em frasco apropriado, juntamente com 200 µL de ácido fórmico e 100 µL de padrão interno. Esse padrão foi preparado com uma solução de ácido 2-etilbutírico, tomando-se 1,1615 mL deste e diluindo-o em 10 mL de etanol e água deionizada. A cada 10 frascos de amostras lidas, um frasco de padrão externo com concentrações conhecidas de ácidos de interesse foi introduzido, sendo que a diferença entre as concentrações conhecidas desses ácidos e suas leituras gerou um fator de correção aplicado às outras amostras.

O teor de etanol foi medido usando-se um analisador bioquímico YSI 2700 Select®, provido de membrana com enzima imobilizada, apropriada para essa determinação. Após calibrado com soluções padronizadas de etanol (2 g/L), o aparelho forneceu leitura direta da concentração em g/L.

O tamanho médio de partículas (TMP) na forragem ensilada foi calculado com base na metodologia da estratificação em peneiras pelo método *Penn State Particle Size Separator* (LAMMERS; BUCKMASTER; HEIRINCHS, 1996) adaptado (MARI e NUSSIO, 2002). O método adaptado consiste de três peneiras, com diâmetros de 38; 18,9 e 7,8 mm e uma caixa de fundo. A amostra é estratificada através de agitações

sistematizadas e o TMP é determinado mediante cálculo ponderal da MV retida e do tamanho médio das partículas em cada peneira. Para isso, o comprimento médio das partículas retidas na peneira superior e no fundo é determinado usando-se régua.

A recuperação de nitrogênio foi calculada considerando a diferença entre o teor de N presente no material ensilado e o teor desse composto verificado nas silagens, após a abertura, expresso em porcentagem.

3.2.9 Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se a metodologia dos quadrados mínimos, usando-se o procedimento GLM do programa estatístico SAS[®] versão 6.12 para Windows[®] (SAS, 1996), para um delineamento fatorial 3x2x2x2.

O estudo das interações de efeitos sobre as variáveis foi realizado com base no interesse técnico e biológico das respostas obtidas, sendo assim as interações triplas e quádruplas, mesmo que significativas ($P < 0,05$) para algumas variáveis não foram desdobradas. Nas tabelas 3 e 4 estão apresentadas algumas das estatísticas descritivas das variáveis estudadas nesse ensaio.

As médias foram comparadas com o uso do teste t de Student, para um nível de significância de 5%.

Tabela 3 – Estatística descritiva das variáveis avaliadas

Variável ¹	Média Geral	CV (%)	Mínimo	Máximo	Efeitos ²				Interações ³										
					Id	Va	Ad	Ab	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Matéria seca, %	24,9	4,43	18,7	32,3	**	**	**	ns	**	*	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cinzas, %MS	3,62	4,69	2,23	4,71	**	**	**	*	**	ns	*	**	*	**	ns	*	**	ns	**
FDN, %MS	64,6	1,79	54,5	72,2	**	**	**	**	**	ns	ns	**	ns	ns	*	ns	**	ns	ns
FDA, %MS	39,7	3,16	31,4	46,5	**	**	**	**	**	ns	ns	**	*	ns	ns	*	ns	ns	**
Hemi, %MS	24,9	4,39	18,7	29,9	**	*	**	**	ns	**	ns	**	**	ns	*	ns	ns	ns	**
PB, %MS	5,75	8,65	2,74	10,7	**	**	**	ns	**	**	**	**	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns
DVIVMS, %MS	55,5	3,07	45,6	67,2	**	**	**	**	**	ns	ns	**	ns						
DVIVMO, %MO	54,3	3,24	44,0	66,2	**	**	**	**	**	ns	ns	**	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
CHOs, %MS	4,48	28,7	1,29	12,6	**	**	ns	**	*	ns	ns	**	ns						
N-NH ₃ , % N Total	12,2	25,2	4,91	35,4	**	**	**	**	ns	**	**	**	ns	**	ns	ns	ns	ns	*
Rec. N, % N inicial	97,5	7,84	70,8	136,8	*	ns	**	ns	**	**	**	**	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns

¹ Hemi – hemicelulose; CHOs – carboidratos solúveis; N-NH₃ – nitrogênio amoniacal; Rec. N – recuperação de nitrogênio.

² Id - idade de corte da cana (12, 15 ou 18 meses); Va - variedade (IAC86-2480 ou IAC87-3184); Ad - aditivo (com ou sem uréia); Ab - tempo de abertura (60 ou 120 dias).

³ 1 - Id x Va; 2 - Id x Ad; 3 - Va x Ad; 4 - Id x Ab; 5 - Va x Ab; 6 - Ad x Ab; 7 - Id x Va x Ad; 8 - Id x Va x Ab; 9 - Id x Ad x Ab; 10 - Va x Ad x Ab; 11 - Id x Va x Ad x Ab.

* (P<0,05); ** (P<0,01); ns – não significativo.

Tabela 4 – Estatística descritiva das variáveis avaliadas

Variável ¹	Média Geral	CV (%)	Mínimo	Máximo	Efeitos ²				Interações ³										
					Id	Va	Ad	Ab	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Efluente, kg/t MV	49,2	13,8	30,2	87,1	**	**	ns	ns	**	ns	ns	*	**	ns	ns	*	ns	ns	ns
PMS, % da MS	23,0	13,3	5,54	39,9	**	**	**	ns	**	*	ns	ns	**	*	ns	ns	ns	ns	ns
Gases, % da MS	18,8	17,2	0,00	36,9	**	**	**	ns	**	*	ns	ns	*	*	ns	ns	ns	ns	ns
pH	3,49	1,39	3,17	3,70	ns	**	**	**	**	**	ns	**	ns						
Etanol, % da MS	3,96	49,2	0,46	14,4	**	**	ns	**	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	*	*	ns	ns
Ác láctico, % da MS	3,14	43,8	0,41	8,51	**	*	**	**	ns	ns	ns	**	ns						
C2, % da MS	2,19	12,8	1,48	3,45	**	**	ns	*	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns
C3, % da MS	0,23	34,1	0,00	0,50	ns	*	ns	**	ns	ns	ns	**	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
C4, % da MS	0,04	124,8	0,00	0,31	**	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns
Relação láctico:C2	1,47	46,5	0,18	4,25	**	ns	**	ns	ns	ns	ns	*	ns						

¹ PMS - perda total de MS; C2 - ácido acético; C3 - ácido propiônico; C4 - ácido butírico.

² Id - idade de corte da cana (12, 15 ou 18 meses); Va - variedade (IAC86-2480 ou IAC87-3184); Ad - aditivo (com ou sem uréia); Ab - tempo de abertura (60 ou 120 dias).

³ 1 - Id x Va; 2 - Id x Ad; 3 - Va x Ad; 4 - Id x Ab; 5 - Va x Ab; 6 - Ad x Ab; 7 - Id x Va x Ad; 8 - Id x Va x Ab; 9 - Id x Ad x Ab; 10 - Va x Ad x Ab; 11 - Id x Va x Ad x Ab.

* (P<0,05); ** (P<0,01); ns – não significativo.

3.3 Resultados

Neste item são apresentados os dados médios tabelados das variáveis e interações estudadas, acompanhados de breve descrição dos principais efeitos observados. O posicionamento dos dados, comparações e discussões estão apresentados no item 3.4 (Discussão).

3.3.1 Apresentação geral dos dados

A composição químico-bromatológica da cana-de-açúcar fresca, utilizada em cada uma das ensilagens, para cada tratamento, está apresentada na tabela 5.

Devido ao grande número de tratamentos (n=24) e variáveis (n=21) em estudo no presente ensaio, a comparação direta de todos os tratamentos, em uma única tabela torna-se impraticável. Dentre os quatro fatores avaliados na composição dos tratamentos (idades de corte, variedades, aditivos e tempos de abertura), o tempo de abertura foi o que mostrou efeito significativo para o menor número de variáveis (tabelas 3 e 4). Assim, os dados de todas as variáveis avaliadas nas silagens foram agrupados em tabelas distintas, para as aberturas de 60 (tabelas 6 e 7) e 120 dias (8 e 9).

Esses dados representam a média das quatro repetições de cada tratamento, e são apresentados apenas para visão geral do comportamento das variáveis estudadas, e posicionamento de valores que serão discutidos nos desdobramentos de interações, não sendo comparáveis entre si, em nível estatístico. Medidas descritivas de cada variável podem ser observadas nas tabelas 3 e 4, como média geral, coeficiente de variação e valores máximos e mínimos.

Tabela 5 - Composição químico-bromatológica da cana-de-açúcar fresca usada durante as ensilagens

Variáveis ²	Idades cronológicas de corte											
	12 meses				15 meses				18 meses			
	IAC86-2480 ¹		IAC87-3184		IAC86-2480		IAC87-3184		IAC86-2480		IAC87-3184	
	C/U	S/U	C/U	S/U	C/U	S/U	C/U	S/U	C/U	S/U	C/U	S/U
Matéria seca, %	30,0	30,4	34,6	34,4	23,7	24,2	28,2	28,4	28,2	27,7	32,7	32,3
Cinzas, %MS	2,68	2,74	3,12	3,02	2,94	2,76	2,66	2,82	3,15	2,55	2,46	2,81
FDN, %MS	47,8	45,6	55,8	56,2	44,8	44,2	53,8	54,2	45,0	44,9	53,8	51,8
FDA, %MS	29,4	29,2	33,2	32,8	30,1	28,7	30,9	31,4	28,4	28,9	31,9	31,3
Hemi, %MS	18,5	16,4	22,6	23,4	14,7	15,5	22,9	22,8	16,6	16,0	21,9	20,5
PB, %MS	6,36	2,42	6,86	2,22	6,91	2,88	7,02	2,76	6,81	2,34	6,30	2,11
DVIVMS, %MS	65,1	66,4	61,1	59,9	66,8	67,7	62,5	62,7	71,2	70,2	61,5	64,3
DVIVMO, %MO	64,6	63,8	60,4	59,0	65,9	66,8	61,4	61,7	70,9	69,8	60,7	63,8
CHOs, %MS	19,6	18,5	14,6	17,4	21,1	18,6	17,8	19,6	21,5	20,1	16,9	18,5
TMP, cm	0,97	0,97	1,16	1,16	1,00	1,01	1,18	1,18	1,05	1,05	1,23	1,23
pH	7,55	4,96	7,66	4,97	5,64	4,82	6,01	5,00	6,92	5,31	7,54	5,11

¹ C/U – silagem aditivada com uréia 0,5% da MV; S/U - silagem sem aditivação.

² Hemi – hemicelulose; CHOs – carboidratos solúveis; TMP – tamanho médio de partículas.

Tabela 6 - Composição químico-bromatológica das silagens de cana-de-açúcar armazenadas por 60 dias

Variáveis ²	Idades cronológicas de corte												Média
	12 meses				15 meses				18 meses				
	IAC86-2480 ¹		IAC87-3184		IAC86-2480		IAC87-3184		IAC86-2480		IAC87-3184		
	C/U	S/U	C/U	S/U	C/U	S/U	C/U	S/U	C/U	S/U	C/U	S/U	
Matéria seca, %	23,1	21,7	31,8	28,8	23,3	21,1	28,7	28,0	20,4	19,5	27,1	25,9	24,9
Cinzas, %MS	3,03	3,27	3,32	3,44	3,48	3,61	4,19	4,02	3,67	3,44	4,19	4,25	3,66
FDN, %MS	56,1	61,3	59,0	65,2	62,4	65,8	62,4	64,8	64,1	67,9	66,1	71,0	63,8
FDA, %MS	32,9	36,9	38,1	39,7	39,3	40,0	37,4	40,9	40,2	41,9	41,8	43,1	39,3
Hemi, %MS	23,2	24,4	20,9	25,5	23,0	25,8	25,0	24,0	23,9	26,0	24,4	27,9	24,5
PB, %MS	9,36	3,53	6,96	3,16	7,57	3,12	6,95	3,08	10,0	3,74	8,55	3,35	5,78
DVIVMS, %MS	65,3	60,8	59,8	53,9	59,0	56,4	55,4	53,4	57,6	54,3	53,1	49,3	56,5
DVIVMO, %MO	64,6	59,1	58,7	52,5	58,2	55,2	54,2	52,0	56,6	53,0	52,0	48,0	55,3
CHOs, %MS	5,45	5,20	3,40	3,28	3,88	3,31	3,11	3,69	4,35	4,60	4,25	4,42	4,08

¹ C/U – silagem aditivada com uréia 0,5% da MV; S/U - silagem sem aditivação.

² Hemi – hemicelulose; CHOs – carboidratos solúveis.

Tabela 7 - Parâmetros fermentativos e perdas associadas às silagens de cana-de-açúcar armazenadas por 60 dias

Variáveis ²	Idades cronológicas de corte												Média
	12 meses				15 meses				18 meses				
	IAC86-2480 ¹		IAC87-3184		IAC86-2480		IAC87-3184		IAC86-2480		IAC87-3184		
	C/U	S/U	C/U	S/U	C/U	S/U	C/U	S/U	C/U	S/U	C/U	S/U	
pH	3,50	3,21	3,63	3,35	3,41	3,23	3,56	3,37	3,46	3,33	3,50	3,27	3,40
N-NH ₃ , % N Total	13,0	7,09	24,2	8,37	15,0	6,39	16,1	8,34	6,91	5,85	15,7	6,89	11,1
Rec. N, % N inicial	102,8	94,7	85,7	110,0	97,6	86,7	90,9	99,5	97,2	102,2	103,1	115,5	98,8
Etanol, % da MS	3,77	3,77	1,27	2,05	1,81	7,73	1,27	2,31	6,32	3,02	4,17	4,34	3,49
Ác. láctico, % da MS	5,67	2,99	4,05	3,34	1,74	2,67	1,85	0,99	3,03	1,21	3,15	2,40	2,76
C2, % da MS	2,03	2,29	1,78	1,88	2,20	2,61	2,40	1,79	2,37	2,45	1,86	1,84	2,13
C3, % da MS	0,20	0,33	0,20	0,28	0,15	0,24	0,20	0,17	0,21	0,23	0,14	0,16	0,21
C4, % da MS	0,01	0,12	0,06	0,13	0,02	0,07	0,03	0,05	0,01	0,03	0,01	0,01	0,05
Ác. láctico: C2	2,71	3,84	1,97	2,35	0,66	0,82	0,31	0,55	1,43	1,76	1,01	1,12	1,54
Efluente, kg/ton MV	45,2	47,3	55,6	48,3	51,3	54,5	64,3	69,1	38,7	34,2	35,8	38,0	48,5
Gases, % da MS	26,7	31,7	10,3	18,9	5,91	15,2	1,57	4,09	31,3	33,5	21,1	24,1	18,7
PMS, % da MS	30,2	35,1	15,4	23,0	10,9	20,0	8,08	10,9	34,1	35,9	24,0	27,1	22,9

C/U – silagem aditivada com uréia 0,5% da MV; S/U - silagem sem aditivação.

² Rec. N – recuperação de nitrogênio; C2 – ácido acético; C3 – ác. propiônico; C4 – ác. butírico; PMS – perda total de MS.

Tabela 8 - Composição químico-bromatológica das silagens de cana-de-açúcar armazenadas por 120 dias

Variáveis ²	Idades cronológicas de corte												Média
	12 meses				15 meses				18 meses				
	IAC86-2480 ¹		IAC87-3184		IAC86-2480		IAC87-3184		IAC86-2480		IAC87-3184		
	C/U	S/U	C/U	S/U	C/U	S/U	C/U	S/U	C/U	S/U	C/U	S/U	
Matéria seca, %	23,9	22,2	30,8	28,4	22,8	22,6	27,3	27,9	20,2	19,5	25,7	25,8	24,8
Cinzas, %MS	3,17	3,39	3,11	3,38	3,48	3,81	4,22	4,44	2,81	3,77	3,64	3,73	3,58
FDN, %MS	64,3	65,5	64,1	69,3	60,5	64,9	59,3	63,6	64,4	69,3	68,3	71,8	65,4
FDA, %MS	38,3	39,0	38,8	40,5	36,9	40,9	36,8	38,1	41,3	42,7	3,45	44,2	36,7
Hemi, %MS	26,0	26,5	25,3	28,8	23,6	24,0	22,5	25,5	23,2	26,6	24,8	27,5	25,4
PB, %MS	8,31	3,47	6,10	2,89	9,38	3,06	8,05	3,48	9,61	3,38	7,99	2,91	5,72
DVIVMS, %MS	58,8	58,3	53,7	49,6	60,3	56,8	57,7	55,6	54,7	52,5	49,2	46,9	54,5
DVIVMO, %MO	58,0	57,4	52,7	48,4	59,2	55,6	56,5	54,3	52,9	51,2	47,8	45,2	53,2
CHOs, %MS	3,99	4,60	2,92	3,83	2,51	2,97	3,58	2,93	9,95	8,25	7,00	5,30	4,82

¹ C/U – silagem aditivada com uréia 0,5% da MV; S/U - silagem sem aditivação.

² Hemi – hemicelulose; CHOs – carboidratos solúveis.

Tabela 9 - Parâmetros fermentativos e perdas associadas às silagens de cana-de-açúcar armazenadas por 120 dias

Variáveis ²	Idades cronológicas de corte												Média
	12 meses				15 meses				18 meses				
	IAC86-2480 ¹		IAC87-3184		IAC86-2480		IAC87-3184		IAC86-2480		IAC87-3184		
	C/U	S/U	C/U	S/U	C/U	S/U	C/U	S/U	C/U	S/U	C/U	S/U	
pH	3,52	3,23	3,65	3,33	3,50	3,31	3,64	3,44	3,50	3,39	3,55	3,41	5,06
N-NH ₃ , % N Total	18,5	7,21	30,8	9,13	7,98	6,52	20,7	7,40	15,7	6,52	19,7	7,93	12,1
Rec. N, % N inicial	93,4	98,1	72,5	98,3	119,4	91,8	100,4	111,1	91,3	91,6	91,2	100,7	96,6
Etanol, % da MS	3,51	4,40	2,14	3,62	1,73	1,68	1,03	1,85	10,7	11,9	5,45	8,19	4,68
Ác. láctico, % da MS	4,94	5,82	4,79	3,41	1,59	1,33	1,21	1,02	5,40	4,71	4,89	3,30	3,53
C2, % da MS	2,06	2,23	1,91	1,95	2,45	2,40	2,05	1,92	2,80	2,63	2,23	2,42	2,25
C3, % da MS	0,23	0,23	0,24	0,17	0,28	0,26	0,26	0,20	0,34	0,23	0,23	0,26	0,24
C4, % da MS	0,01	0,01	0,14	0,05	0,00	0,04	0,04	0,02	0,09	0,01	0,03	0,02	0,04
Ác. láctico: C2	2,46	3,28	1,90	2,19	0,62	0,75	0,22	0,43	1,24	1,58	0,93	1,05	1,39
Efluente, kg/ton MV	46,6	47,2	62,9	63,8	40,1	44,4	68,0	75,4	42,5	35,8	37,0	35,6	46,9
Gases, % da MS	24,6	28,0	12,7	19,1	8,28	9,23	5,93	4,35	32,1	33,9	24,8	24,2	18,9
PMS, % da MS	28,3	31,5	18,3	24,4	12,1	13,4	12,5	11,8	35,1	36,5	27,7	27,1	23,2

C/U – silagem aditivada com uréia 0,5% da MV; S/U - silagem sem aditivação.

² Rec. N – recuperação de nitrogênio; C2 – ácido acético; C3 – ác. propiônico; C4 – ác. butírico; PMS – perda total de MS.

3.3.2 Desdobramento de interações

Os desdobramentos de interações foram realizados para os efeitos das variáveis que demonstraram significância na análise geral de variância, após análise individual do interesse técnico-biológico do desdobramento em questão.

3.3.2.1 Teor de matéria seca (MS)

O desdobramento das interações significativas para a variável teor de MS está apresentado na tabela 10.

Tabela 10 – Desdobramento de interações para a variável MS (%)

		Idade (meses)			Abertura (dias)	
		12	15	18	60	120
Variedade	IAC86-2480	22,7 ^{Ba}	22,5 ^{Ba}	19,9 ^{Bb}	21,5 ^{Ba}	21,9 ^{Ba}
	IAC87-3184	30,0 ^{Aa}	28,0 ^{Ab}	26,1 ^{Ac}	28,4 ^{Aa}	27,7 ^{Ab}
Aditivo	Sem uréia	25,3 ^{Ba}	24,9 ^{Ab}	22,7 ^{Ac}		
	Com uréia	27,4 ^{Aa}	25,5 ^{Aa}	23,4 ^{Ab}		

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna ou minúscula na linha, são estatisticamente semelhantes pelo teste T (P<0,05).

Nas três idades de corte das plantas, a variedade IAC87-3184 apresentou teor de MS nas silagens maior que a variedade IAC86-2480. A primeira apresentou teores de MS semelhantes aos 12 e 15 meses (22,5 e 22,7%), com redução nesse teor aos 18 meses. A segunda variedade apresentou redução consistente no teor de MS, nas silagens obtidas de plantas variando entre 12 e 18 meses de idade cronológica.

Embora o teor médio de MS das silagens confeccionadas com a variedade IAC86-2480 tenha sido o mesmo, para aberturas aos 60 ou 120 dias, a variedade IAC87-3184 apresentou redução no teor de MS decorridos 120 dias de armazenamento, em relação ao tempo de 60 dias.

Em média, as silagens que receberam adição de uréia apresentaram maior teor de MS que as silagens sem aditivo, embora na ensilagem aos 18 meses, esse efeito não tenha sido significativo.

3.3.2.2 Teores de FDN e FDA

O desdobramento das interações para teores de fração fibrosa (FDN e FDA) está apresentado na tabela 11.

Para as ensilagens aos 12 e 18 meses de idade, a variedade IAC86-2480 apresentou teor de FDN menor que a IAC87-3184, embora essa relação tenha sido inversa na ensilagem aos 15 meses. O mesmo comportamento foi observado para a variável teor de FDA.

Tabela 11 – Desdobramento de interações para as variáveis FDN e FDA

		Idade (meses)			Abertura (dias)	
		12	15	18	60	120
<i>FDN (% da MS)</i>						
Variedade	IAC86-2480	61,8 ^{Bc}	63,4 ^{Ab}	66,5 ^{Ba}		
	IAC87-3184	64,4 ^{Ab}	62,5 ^{Bc}	69,3 ^{Aa}		
Abertura	60 dias	60,4 ^{Bc}	63,9 ^{Ab}	67,3 ^{Ba}		
	120 dias	65,8 ^{Ab}	62,1 ^{Bc}	68,5 ^{Aa}		
<i>FDA (% da MS)</i>						
Variedade	IAC86-2480	36,8 ^{Bc}	39,3 ^{Bb}	41,5 ^{Ba}	38,6 ^{Bb}	39,8 ^{Aa}
	IAC87-3184	39,2 ^{Ab}	38,3 ^{Ac}	43,2 ^{Aa}	40,1 ^{Aa}	40,3 ^{Aa}
Abertura	60 dias	36,9 ^{Bc}	41,8 ^{Ba}	39,4 ^{Ab}		
	120 dias	39,1 ^{Ab}	42,9 ^{Aa}	38,2 ^{Bc}		

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna ou minúscula na linha, são estatisticamente semelhantes pelo teste T (P<0,05).

A variedade IAC86-2480 apresentou elevação nos teores de FDN e FDA com o aumento da idade de corte, enquanto a IAC87-3184 apresentou comportamento

diferenciado, com queda nos teores de carboidratos estruturais dos 12 aos 15 meses, e nova elevação nas silagens produzidas com plantas colhidas aos 18 meses.

As aberturas ocorridas aos 60 dias resultaram em menor teor de FDN das silagens de plantas colhidas aos 12 e 18 meses de idade, em relação à abertura aos 120 dias. Contudo esse efeito foi inverso na ensilagem aos 15 meses. Ao se avaliar o teor de FDA, observou-se valores maiores para a abertura ocorrida aos 60 dias apenas nas silagens de plantas colhidas aos 18 meses.

A variável teor de FDA apresentou interação entre variedade e tempo de armazenamento, sendo que para IAC87-3184, o teor de FDA foi semelhante, aos 60 ou 120 dias, enquanto para a variedade IAC86-2480, essa variável foi mais elevada aos 120 dias, em relação à abertura aos 60 dias.

3.3.2.3 Teores de hemicelulose e proteína bruta (PB)

Na tabela 12 estão apresentadas as interações significativas para as variáveis teor de hemicelulose e teor de proteína bruta.

Para ambas as variedades de cana utilizadas, a adição de uréia na ensilagem reduziu o teor de hemicelulose nas silagens. Essa redução em função da presença do aditivo foi observada nas três idades de corte e ensilagem das plantas, com valor médio de 2,2 unidades percentuais a menos que os teores observados em silagens sem uréia.

Apenas para a ensilagem aos 12 meses, o tempo de abertura influenciou o teor de hemicelulose das silagens, com valor de 3,1 unidades percentuais maior aos 120 dias, em relação aos 60.

Conforme esperado, a adição de uréia elevou o teor de PB nas silagens de ambas as variedades, embora as silagens da variedade IAC86-2480 tenham apresentado teor médio de PB mais elevado que as silagens da IAC87-3184, para todas as idades de corte das plantas. As silagens adicionadas de uréia, confeccionadas aos 18 meses de idade, apresentaram maior teor de PB que aos 12 e 15 meses. O teor de PB das silagens sem uréia não foi diferente entre as idades de corte da planta nem entre as variedades de cana-de-açúcar

Tabela 12 – Desdobramento de interações para as variáveis hemicelulose e PB

		Idade (meses)			Aditivo	
		12	15	18	Com uréia	Sem uréia
<i>Hemicelulose (% da MS)</i>						
Variedade	IAC86-2480				23,8 ^{Ab}	25,5 ^{Ba}
	IAC87-3184				23,8 ^{Ab}	26,5 ^{Aa}
Aditivo	Com uréia	23,9 ^{Ba}	23,5 ^{Ba}	24,1 ^{Ba}		
	Sem uréia	26,3 ^{Aa}	24,8 ^{Ab}	27,0 ^{Aa}		
Abertura	60 dias	23,5 ^{Bc}	24,4 ^{Ab}	25,5 ^{Aa}		
	120 dias	26,6 ^{Aa}	23,9 ^{Ac}	25,5 ^{Ab}		
<i>PB (% da MS)</i>						
Variedade	IAC86-2480	6,17 ^{Ab}	5,78 ^{Ac}	6,69 ^{Aa}	9,04 ^{Aa}	3,38 ^{Ab}
	IAC87-3184	4,78 ^{Bb}	5,39 ^{Ba}	5,70 ^{Ba}	7,43 ^{Ba}	3,14 ^{Ab}
Aditivo	Com uréia	7,68 ^{Ab}	7,98 ^{Ab}	9,05 ^{Aa}		
	Sem uréia	3,26 ^{Ba}	3,19 ^{Ba}	3,34 ^{Ba}		

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna ou minúscula na linha, são estatisticamente semelhantes pelo teste T ($P < 0,05$).

3.3.2.4 Digestibilidade verdadeira *in vitro* da MS e da MO

As interações significativas entre os fatores estudados, para as variáveis DVIVMS e DVIVMO estão apresentadas na tabela 13.

A variedade IAC86-2480 apresentou maior DVIVMS e DVIVMO que a IAC87-3184, para as três idades de corte avaliadas. O aumento na idade das plantas reduziu de forma consistente a digestibilidade da MS e MO, para variedade IAC86-2480, e de forma irregular para a IAC87-3184.

A abertura aos 60 dias resultou em digestibilidade da MS e MO mais elevada, para as plantas colhidas aos 12 e 18 meses, em relação à abertura aos 120 dias. Para as plantas colhidas aos 15 meses, o efeito foi contrário, embora os valores tenham se mostrado similares.

Tabela 13 – Desdobramento de interações para as variáveis DVIVMS e DVIVMO

		Idade (meses)			Aditivo	
		12	15	18	Com uréia	Sem uréia
<i>DVIVMS (% da MS)</i>						
Variedade	IAC86-2480	60,9 ^{Aa}	58,1 ^{Ab}	54,8 ^{Ac}		
	IAC87-3184	54,3 ^{Bb}	55,5 ^{Ba}	49,6 ^{Bc}		
Abertura	60 dias	60,0 ^{Aa}	56,0 ^{Bb}	53,6 ^{Ac}		
	120 dias	55,1 ^{Bb}	57,6 ^{Aa}	50,8 ^{Bc}		
<i>DVIVMO (% da MS)</i>						
Variedade	IAC86-2480	59,8 ^{Aa}	57,0 ^{Ab}	53,4 ^{Ac}		
	IAC87-3184	53,1 ^{Ba}	54,2 ^{Ba}	48,2 ^{Bb}		
Abertura	60 dias	58,7 ^{Aa}	54,9 ^{Bb}	52,4 ^{Ac}	58,4 ^{Aa}	53,3 ^{Ab}
	120 dias	54,1 ^{Bb}	56,4 ^{Aa}	49,3 ^{Bc}	55,7 ^{Ba}	52,0 ^{Ba}

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna ou minúscula na linha, são estatisticamente semelhantes pelo teste T ($P < 0,05$).

A digestibilidade *in vitro* da MO das silagens foi elevada pela adição de uréia, nas aberturas de 60 dias, contudo esse efeito não foi verificado nas aberturas ocorridas aos 120 dias.

3.3.2.5 Produção de efluentes

Os desdobramentos de interações para a variável produção de efluente estão apresentados na tabela 14.

As silagens da variedade IAC87-3184 produziram mais efluente que as da variedade IAC86-2480, nas idades de 12 e 15 meses. Na idade de corte de 18 meses, ambas variedades produziram quantidades semelhantes de efluentes, e menores que as produzidas nas demais idades.

O tempo de armazenamento influenciou a produção de efluentes apenas nas silagens confeccionadas com plantas de 12 meses, sendo o maior valor de efluente

verificado aos 120 dias. Para ambas datas de abertura, a variedade IAC87-3184 produziu mais efluente que a IAC86-2480.

Tabela 14 – Desdobramento de interações para a variável produção de efluente (kg/t MV)

		Idade (meses)			Abertura (dias)	
		12	15	18	60	120
Variedade	IAC86-2480	46,6 ^{Ba}	47,6 ^{Ba}	37,8 ^{Ab}	45,2 ^{Ba}	42,8 ^{Ba}
	IAC87-3184	57,7 ^{Ab}	69,2 ^{Aa}	36,6 ^{Ac}	51,8 ^{Ab}	57,1 ^{Aa}
Abertura	60 dias	49,1 ^{Bb}	59,8 ^{Aa}	36,7 ^{Ac}		
	120 dias	55,1 ^{Aa}	57,0 ^{Aa}	37,7 ^{Ab}		

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna ou minúscula na linha, são estatisticamente semelhantes pelo teste T (P<0,05).

3.3.2.6 Produção de gases e perdas totais de MS

Na tabela 15 estão apresentados os desdobramentos das interações entre os fatores avaliados, para as variáveis produção de gases e perda total de matéria seca (PMS) nos silos experimentais.

Tanto a produção de gases, quanto a PMS, foram maiores para a variedade IAC86-2480, em relação a IAC87-3184, para as três idades de corte. Para ambas variedades, o efeito de idade foi marcante, com maiores produções de gás e PMS aos 18 meses, em contraste com valores bastante reduzidos aos 15 meses, apresentando as silagens realizadas aos 12 meses de idade valores intermediários.

A produção de gases e a PMS foram afetadas pela aplicação de aditivo, sendo os maiores valores dessas variáveis observados para as silagens sem uréia, nas ensilagens realizadas aos 12 e 15 meses de idade das plantas. Na ensilagem aos 18 meses não foi verificado efeito do aditivo sobre essas variáveis.

Tabela 15 – Desdobramento de interações para as variáveis produção de gás e perda total de MS

		Idade (meses)			Abertura (dias)	
		12	15	18	60	120
<i>Produção de gás (% da MS)</i>						
Variedade	IAC86-2480	27,7 ^{Ab}	9,66 ^{Ac}	32,7 ^{Aa}	24,1 ^{Aa}	22,7 ^{Aa}
	IAC87-3184	15,2 ^{Bb}	3,98 ^{Bc}	23,5 ^{Ba}	13,3 ^{Bb}	15,2 ^{Ba}
Aditivo	Com uréia	18,6 ^{Bb}	5,42 ^{Bc}	27,3 ^{Aa}	16,1 ^{Bb}	18,1 ^{Aa}
	Sem uréia	24,4 ^{Ab}	8,22 ^{Ac}	28,9 ^{Aa}	21,3 ^{Aa}	19,8 ^{Aa}
<i>Perda total de MS (% da MS)</i>						
Variedade	IAC86-2480	31,3 ^{Ab}	14,1 ^{Ac}	35,4 ^{Aa}	27,7 ^{Aa}	26,1 ^{Aa}
	IAC87-3184	20,3 ^{Bb}	10,8 ^{Bc}	26,5 ^{Ba}	18,1 ^{Bb}	20,3 ^{Ba}
Aditivo	Com uréia	23,0 ^{Bb}	10,9 ^{Bc}	30,2 ^{Aa}	20,4 ^{Bb}	22,3 ^{Ba}
	Sem uréia	28,5 ^{Ab}	14,0 ^{Ac}	31,7 ^{Aa}	25,3 ^{Aa}	24,1 ^{Aa}

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna ou minúscula na linha, são estatisticamente semelhantes pelo teste T (P<0,05).

Apenas a variedade IAC87-3184 sofreu efeito do tempo de armazenamento, sobre as variáveis produção de gases e PMS, sendo que na abertura ocorrida aos 60 dias, os valores de perdas foram menores que aos 120 dias. Tendência semelhante foi observada para as silagens aditivadas com uréia, que apresentaram perdas maiores de gases e totais, aos 120 dias. Para as silagens sem aditivos, não foi identificado efeito do tempo de armazenamento sobre as variáveis de perdas.

3.3.2.7 Nitrogênio amoniacal e pH

Na tabela 16 estão apresentados os desdobramentos das interações entre os fatores avaliados, para as variáveis teor de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e pH.

Nas silagens aditivadas com uréia, o teor de N-NH₃ foi maior para a variedade IAC87-3184 (21,2% do N total) em relação a IAC86-2480 (12,8% do N total). Para ambas variedades, e em todas idades de corte das plantas, o teor de N-NH₃ foi mais

elevado nas silagens que receberam adição de uréia. Da mesma forma, o teor de N-NH₃ na ensilagem aos 12 meses foi mais elevado que nas demais ensilagens, para as forragens que receberam adição de uréia. As silagens sem aditivos não apresentaram efeito de idade sobre essa variável.

Para as silagens aditivadas com uréia, a abertura após 120 dias de armazenamento proporcionou maior teor de N-NH₃ (18,9% do N total) que a abertura aos 60 dias (15,1% do N total), sendo que o tempo de abertura não afetou essa variável para as silagens sem aditivo.

Tabela 16 – Desdobramento de interações para as variáveis nitrogênio amoniacal e pH

		Idade (meses)			Aditivo	
		12	15	18	Com uréia	Sem uréia
<i>Nitrogênio amoniacal (% do N total)</i>						
Variedade	IAC86-2480				12,8 ^{Ba}	6,59 ^{Ab}
	IAC87-3184				21,2 ^{Aa}	8,01 ^{Ab}
Aditivo	Com uréia	21,6 ^{Aa}	15,0 ^{Ab}	14,5 ^{Ab}		
	Sem uréia	7,95 ^{Ba}	7,16 ^{Ba}	6,80 ^{Ba}		
Abertura	60 dias				15,1 ^{Ba}	7,15 ^{Ab}
	120 dias				18,9 ^{Aa}	7,45 ^{Ab}
<i>pH</i>						
Aditivo	Com uréia	3,57 ^{Aa}	3,53 ^{Ab}	3,50 ^{Ab}		
	Sem uréia	3,28 ^{Bb}	3,34 ^{Ba}	3,35 ^{Ba}		

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna ou minúscula na linha, são estatisticamente semelhantes pelo teste T (P<0,05).

Para as três idades de corte testadas, a aditivação com uréia produziu silagens com pH mais elevado (3,53), em relação às silagens sem aditivos (3,32). A ensilagem de plantas cortadas aos 12 meses acarretou os valores mais elevados de pH nas silagens com uréia, e os menores valores nas silagens sem uréia, em relação às demais idades de corte.

3.3.2.8 Recuperação de nitrogênio e teor de carboidratos solúveis

O desdobramento das interações para recuperação de nitrogênio (% do N inicial) e teor de carboidratos solúveis (CHOs - % da MS) está apresentado na tabela 17.

As interações observadas para a variável recuperação de nitrogênio parecem não apontar um padrão definido de resposta. As silagens adicionadas de uréia acarretaram menor recuperação de N, para plantas cortadas aos 12 e 18 meses. Contudo esse efeito não foi verificado para o corte de 15 meses.

O teor de CHOs das silagens de plantas da variedade IAC86-2480 foi mais elevado que em silagens da IAC87-3184, para plantas colhidas aos 12 e 18 meses. Plantas colhidas aos 15 meses não apresentaram efeito de variedade sobre o teor de carboidratos solúveis das silagens. Contudo, em ambas variedades, o teor mais elevado de CHOs foi verificado nas silagens de plantas colhidas aos 18 meses.

Tabela 17 – Desdobramento de interações para as variáveis recuperação de N e carboidratos solúveis

		Idade (meses)			Aditivo	
		12	15	18	Com uréia	Sem uréia
<i>Recuperação de N (% do N inicial)</i>						
Variedade	IAC86-2480				100,3 ^{Aa}	94,2 ^{Bb}
	IAC87-3184				90,6 ^{Bb}	105,9 ^{Aa}
Aditivo	Com uréia	88,6 ^{Bc}	102,1 ^{Aa}	95,7 ^{Bb}		
	Sem uréia	100,3 ^{Aa}	97,3 ^{Aa}	102,5 ^{Aa}		
<i>Carboidratos solúveis (% da MS)</i>						
Variedade	IAC86-2480	4,81 ^{Ab}	3,16 ^{Ac}	6,79 ^{Aa}		
	IAC87-3184	3,35 ^{Bb}	3,33 ^{Ab}	5,24 ^{Ba}		
Abertura	60 dias	4,33 ^{Aa}	3,50 ^{Aa}	4,41 ^{Ba}		
	120 dias	3,83 ^{Ab}	3,00 ^{Ab}	7,62 ^{Aa}		

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna ou minúscula na linha, são estatisticamente semelhantes pelo teste T (P<0,05).

Nas ensilagens aos 12 e 15 meses não foi verificado efeito de tempo de abertura sobre o teor de CHOs das silagens. Entretanto, na ensilagem das plantas colhidas aos 18 meses, o teor de CHOs observado nas aberturas dos silos aos 120 dias foi maior que o observado aos 60 dias.

3.3.2.9 Teores de etanol, ácido lático e ácido acético

As interações entre idade de corte das plantas e tempo de abertura, para as variáveis teor de etanol, ácido lático e ácido acético (% da MS), bem como a relação lático:acético, estão apresentadas na tabela 18.

Tabela 18 – Desdobramento de interações para as variáveis teor de etanol, ácido lático e ácido acético

		Idade (meses)		
		12	15	18
		<i>Etanol (% da MS)</i>		
Abertura	60 dias	2,71 ^{Ab}	2,53 ^{Ab}	4,46 ^{Ba}
	120 dias	3,42 ^{Ab}	1,57 ^{Ac}	9,06 ^{Aa}
		<i>Ácido lático (% da MS)</i>		
Abertura	60 dias	4,01 ^{Aa}	1,81 ^{Ab}	2,44 ^{Bb}
	120 dias	4,74 ^{Aa}	1,29 ^{Ab}	4,57 ^{Aa}
		<i>Ácido acético (% da MS)</i>		
Abertura	60 dias	1,99 ^{Ab}	2,25 ^{Aa}	2,13 ^{Bb}
	120 dias	2,04 ^{Ab}	2,20 ^{Ab}	2,52 ^{Aa}
		<i>Relação ácido lático: ácido acético</i>		
Abertura	60 dias	2,07 ^{Aa}	0,81 ^{Ab}	1,18 ^{Bb}
	120 dias	2,32 ^{Aa}	0,59 ^{Ab}	1,83 ^{Ac}

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna ou minúscula na linha, são estatisticamente semelhantes pelo teste T (P<0,05).

Nas ensilagens de plantas colhidas aos 12 e 15 meses, não foi verificado efeito do tempo de abertura sobre nenhuma das três variáveis. Contudo, na ensilagem

ocorrida aos 18 meses, os silos armazenados por 120 dias apresentaram maiores teores de etanol, ácido láctico e acético, que os silos armazenados por 60 dias.

Para a variável teor de etanol, os valores maiores foram verificados nas silagens de plantas colhidas aos 18 meses, para ambos tempos de armazenamento.

O teor de ácido láctico das silagens armazenadas por 60 dias, foi maior no corte aos 12 meses, enquanto silagens armazenadas por 120 dias apresentaram teores mais elevados de ácido láctico aos 12 e 18 meses.

Silagens armazenadas por 60 dias apresentaram maior teor de ácido acético na ensilagem de 15 meses, enquanto silagens armazenadas por 120 dias apresentaram maior teor desse ácido ao ensilar plantas com 18 meses de idade cronológica.

A relação entre os ácidos láctico e acético permaneceu constante entre as aberturas de 60 e 120 dias, com exceção na ensilagem aos 18 meses, onde a relação foi maior aos 120 dias.

3.4 Discussão

3.4.1 Teor de matéria seca (MS) e matéria mineral (cinzas)

As silagens de cana da variedade IAC86-2480 apresentaram menor teor de MS que as silagens da variedade IAC87-3184, para todas as idades de corte avaliadas. Esse comportamento pode estar diretamente associado ao menor teor de MS observado nas plantas da variedade IAC86-2480 utilizadas na ensilagem (tabela 5). Os teores médios de MS observados na cana fresca foram de 34,5; 28,3 e 32,5% para a IAC87-3184 e 30,2; 24,0 e 28,0%, para a IAC86-2480, nas idades de 12, 15 e 18 meses, respectivamente.

Esse efeito foi também observado por Freitas et al. (2006b), que avaliaram a variabilidade de composição nutricional de 13 variedades de cana-de-açúcar usadas na alimentação de ruminantes. Os autores observaram, na colheita realizada aos 11 meses de idade, teores de MS variando entre 20,1 e 27,6%, sendo o valor mais baixo apresentado pela variedade IAC86-2480. Os dados sugerem que essa variedade caracteriza-se por teor de MS abaixo da média de outras variedades de cana.

A redução no teor de MS, com elevação na idade de corte, verificada para ambas variedades, entre os cortes de 12 e 15 meses, discorda dos relatos descritos na literatura. Azevedo et al. (2003) avaliaram 15 variedades de cana-de-açúcar cortadas aos 14, 16 e 18 meses, e verificaram teores médios de MS de 26,3; 29,6 e 29,0, para as três idades, respectivamente.

Não foi encontrada na literatura consultada explicação razoável para justificar o comportamento observado para o teor de MS de ambas variedades colhidas aos 15 meses, mas pode estar relacionada a fatores climáticos e de solo, associados à época de ensilagem. Vale lembrar que o fator idade de corte avaliado no presente experimento trata-se de uma associação entre os fatores idade (12, 15 e 18 meses) e época da ensilagem (dezembro, março e junho).

Na tabela 19 estão apresentadas variáveis meteorológicas referentes ao período de 14 dias anteriores a cada ensilagem realizada, colhidas na estação meteorológica da própria unidade onde o experimento foi realizado. No mês de março, a redução do teor de MS se deu possivelmente pelo maior potencial de água presente na planta (Ψ H₂O planta) em resposta ao aumento do balanço hídrico no solo (Ψ H₂O solo).

Tabela 19 – Dados meteorológicos observados no período de 14 dias antes das ensilagens

	Dezembro (12 meses)	Março (15 meses)	Junho (18 meses)
Precipitação total, mm	73,4	97,0	8,0
Evaporação, mm	38,1	22,0	19,0
Umidade relativa, %	83,0	92,0	61,0
Temperatura máxima, °C	30,2	25,9	24,1
Temperatura mínima, °C	19,8	18,4	12,8
Temperatura média, °C	25,0	22,2	18,5

Fonte: CPPSE/Embrapa (2006)

Kung Jr. e Stanley (1982) avaliaram a composição de plantas de cana-de-açúcar cortadas aos 6, 9, 12, 15 e 24 meses. Os autores verificaram aumento linear no teor de

MS das plantas, com o aumento na idade de corte. Contudo, esses autores não verificaram mesma tendência nas silagens dessas plantas, que mantiveram teores baixos de MS, e semelhantes entre as diferentes idades. No presente ensaio, embora tenha havido elevação no teor de MS das forragens, entre 15 e 18 meses de idade, o teor de MS das silagens de ambas variedades foi reduzido nesse intervalo (tabela 10), corroborando os dados de Kung Jr. e Stanley (1982).

A aditivção com uréia acarretou efeito leniente sobre o teor de MS das silagens, significativo apenas para a ensilagem ocorrida aos 12 meses. Resultados semelhantes foram verificados por Pedroso (2003), que observaram elevações de 1,1 e 1,3 unidades percentuais no teor de MS de silagens de cana adicionadas de 0,5% MV de uréia, em relação à silagem sem aditivos.

Em média, as silagens sem aditivos apresentaram redução de 17,6% no teor de MS, e as silagens com uréia 13,7%, em relação à cana original (tabelas 5, 6 e 8). A intensidade da redução no teor de MS provavelmente esteja associada à magnitude de perda de MS, parcialmente controlada pela adição de uréia durante a ensilagem.

O teor de matéria mineral das silagens variou entre 2,23 e 4,71% da MS, resultando em valores semelhantes entre tratamentos, o que dificulta a exploração das interações verificadas entre os fatores estudados. Em média, silagens aditivadas com uréia apresentaram teor de cinzas 5,2% inferior às silagens sem aditivos, o que não seria esperado devido ao elevado teor mineral desse componente.

Possivelmente, esse menor valor de cinzas esteja associado à menor perda de MS nas silagens adicionadas de uréia (tabela 15) o que acarretou elevação relativa no teor dessa fração na silagem controle (sem aditivos). Efeito semelhante foi observado por Pedroso (2003), com teor de cinzas 12,9% inferior na silagem com uréia, em relação à silagem controle.

3.4.2 Teores de FDN, FDA e hemicelulose

As silagens da variedade IAC86-2480 apresentaram menor teor de componentes de parede celular (FDN e FDA) que as da variedade IAC87-3184, nos cortes de 12 e 18 meses, e valores semelhantes no corte aos 15 meses. Esse efeito é decorrente

primariamente da menor contribuição da fração fibrosa observada na variedade IAC86-2480, em relação à IAC87-3184 (tabela 5), como uma característica varietal. Esse efeito foi descrito por Rodrigues et al. (2001) que verificaram entre 18 variedades estudadas, o menor teor de FDN (média de três cortes) na IAC86-2480 (44,2%), e teor mais elevado na IAC87-3184 (54,7%). Esses valores foram bem próximos às médias dos três cortes verificados no presente experimento, de 45,4% para IAC86-2480 e 54,3% para a IAC87-3184.

As silagens da variedade IAC86-2480 apresentaram menor teor de FDA nas aberturas aos 60 dias, porém esse efeito não foi verificado após 120 dias de armazenamento, onde ambas variedades apresentaram concentrações semelhantes de FDA, embora os valores observados para essa variável estivessem próximos nos dois tempos de abertura dos silos. A elevação de 1,2 unidades percentuais no teor de FDA das silagens da IAC86-2480 não condiz com os dados médios de perda de MS dessa variável (tabela 15), que foram semelhantes nas aberturas de 60 e 120 dias, não resultando em acréscimo relativo dos componentes celulose+lignina (FDA).

Da mesma forma, a elevação observada nos teores de FDN e FDA das silagens de ambas variedades, com o aumento da idade de corte discorda dos valores de fração fibrosa verificados na forragem fresca, que permaneceram relativamente constantes entre os cortes estudados (tabela 5). Possivelmente, os maiores valores de componentes fibrosos observados nas silagens produzidas aos 18 meses estejam relacionados à maior perda de MS verificada nessa ensilagem (tabela 15), para ambas variedades, o que poderia explicar o aumento relativo na fração fibrosa, mesmo considerando a possibilidade de hidrólise de parede celular durante o processo, como mecanismo compensatório.

As silagens adicionadas de uréia apresentaram, em média, 4,1 unidades percentuais a menos no teor de FDN, que as silagens sem aditivos. Contudo, essa diferença pode estar relacionada à menor perda de MS nas silagens aditivadas (tabela 15), fato que poderia determinar menor aumento relativo no teor de fibra, bem como à possibilidade de ação hidrolítica de componentes derivados da uréia, sobre a parede celular. Segundo Reis e Rodrigues (1993), a amônia produzida a partir da uréia possui

alta afinidade por água, reagindo e produzindo hidróxido de amônio, uma base fraca capaz de hidrolisar ligações tipo éster das hemiceluloses.

Todos os tratamentos testados apresentaram elevação no teor de hemicelulose, em relação à cana original (tabela 5), indicando novamente aumento relativo devido ao consumo de carboidratos solúveis e perda de MS.

Para ambas variedades, e nas três idades de corte estudadas, as silagens aditivadas com uréia resultaram em menor teor de hemicelulose, em relação à silagens sem aditivo (tabela 12). Em média, silagens aditivadas com uréia apresentaram aumento de 25,3% no teor de hemicelulose, e silagens sem aditivos proporcionaram aumento de 40,0% nessa fração. Novamente, o menor aumento relativo dessa variável se confunde entre menor perda de MS nas silagens aditivadas, e possibilidade de hidrólise parcial da fração hemicelulose nas silagens adicionadas de uréia. Provavelmente os dois efeitos estejam acontecendo simultaneamente, embora a intensidade da hidrólise pareça ser limitada em virtude da baixa conversão de uréia em amônia nessas silagens, traduzida pela alta recuperação de N verificada em todos os tratamentos (tabela 17).

Avaliando aditivos na ensilagem da cana, Pedroso (2003) observou elevação de 55,5 para 59,5% no teor de FDN da silagem sem aditivos, e de 54,5 para 56,0% na silagem com 0,5% de uréia na MV, com perdas de MS variando entre 6,8 e 12,6%. Siqueira (2005) observou elevação de 52,1 para 75,3% no teor de FDN de silagens de cana sem aditivos, e de 51,9 para 72,2% nas silagens adicionadas de uréia (1,5% da MV), com perdas de MS de 32,5 e 27,2%.

Pode-se inferir dos resultados que a magnitude de elevação nos teores de componentes da parede celular nas silagens está diretamente relacionada ao tamanho das perdas de MS observadas, sendo a possibilidade de ocorrência de hidrólise da hemicelulose um efeito secundário e marginal, de menor magnitude.

3.4.3 Teores de proteína bruta, nitrogênio amoniacal e recuperação de N

Conforme esperado, silagens adicionadas de uréia apresentaram maior teor de PB que silagens sem aditivos (tabela 12). Contudo, os teores de PB apresentaram

valores crescentes com o aumento na idade de corte das plantas, nas silagens com uréia, enquanto silagens sem aditivos apresentaram valores constantes para essa variável.

Nas três idades de corte avaliadas, as silagens da variedade IAC86-2480 apresentaram teor mais elevado de PB, sendo essa diferença mais pronunciada nas silagens adicionadas de uréia, que apresentaram teores médios de PB de 9,04 e 7,43%, para as variedades IAC86-2480 e IAC87-3184, respectivamente, embora as silagens sem adição de uréia tenham apresentado teores semelhantes de PB em ambas variedades.

Parte desse efeito pode ser entendido pelo maior teor de N amoniacal (tabela 16) verificado nas silagens da variedade IAC87-3184 (21,2% do N total), em relação às da IAC86-2480 (12,8% do N total), sendo a síntese e perda de N na forma de amônia um fator a se considerar na avaliação do menor teor de PB dessas silagens. Contudo, a razão para o maior desdobramento até N-NH₃ nessa variedade não encontra respaldo científico na literatura consultada e, de fato, considerando o menor teor de MS da variedade IAC86-2480, a tendência de teor N-NH₃ deveria ser contrária. Ainda, a perda de MS, com aumento relativo na fração protéica, parece ter grande influência sobre o teor final de PB das silagens. Esse efeito é perceptível ao comparar-se os dados das tabelas 12 e 15, onde o maior teor de PB nas silagens com uréia, aos 18 meses, pode ser diretamente relacionado à maior perda de MS das silagens com uréia, nessa idade de corte.

Como a recuperação de N foi alta para todos os tratamentos estudados e a síntese de N-NH₃ foi relativamente baixa, para silagens com inclusão significativa de uréia, as perdas de MS parecem ser o fator fundamental de variação relativa no teor de PB das silagens.

Pedroso (2003) verificou teores de PB de 4,3 e 9,9% da MS, para silagens controle e adicionadas de 0,5% de uréia na MV. Os valores obtidos por esses autores são superiores aos do presente experimento, em decorrência do maior teor de PB verificado pelo autor na cana-de-açúcar original (4,0%), superior ao valor médio verificado nas amostras de cana fresca do presente ensaio (2,4%).

Avaliando doses de inclusão de uréia como aditivo na ensilagem da cana, Siqueira et al. (2004) observaram teor de N-NH₃ de 23,2% do N total, em silagens adicionadas de 0,5% de uréia na MV, e de 35,7% do N total na silagem com 1,0% de uréia. Ambas dosagens foram efetivas em reduzir pela metade as perdas de MS, em relação à silagem sem aditivos. Estudando os mesmo aditivos na cana-de-açúcar submetida a queima prévia, os autores evidenciaram baixos teores de N-NH₃ para ambas dosagens, e perdas de MS mais elevadas, semelhantes à silagem controle.

Esses resultados, comparados aos do presente experimento, indicam que a reação de ureólise e síntese de amônia são condições essenciais para ação efetiva da uréia como aditivo capaz de inibir fermentações indesejáveis e minimizar a perda de MS em silagens de cana-de-açúcar. Contudo, os fatores que desencadeiam essa reação nesse tipo de forragem não estão completamente entendidos, mas parecem estar intimamente ligados à atividade de urease microbiana (DOLBERG, 1992).

As recuperações de N (tabela 16) mostraram-se elevadas para todos os tratamentos, com média de 97,5%, e valores variando entre 71 e 137% do teor de N inicial. O desdobramento de interações para essa variável (tabela 17) parece não apontar tendência de comportamento devida aos fatores estudados. Das 96 unidades experimentais, 36 apresentaram recuperação de N acima de 100%, indicando a fragilidade desses dados, em virtude do acúmulo de erros associados às amostragens, determinações de N na forragem fresca e nas silagens e determinação do teor de MS.

A interpretação dos dados indica que as recuperações de N em silagens de cana-de-açúcar adicionadas de uréia são bastante altas, acima de 90%. Esse valor discorda do valor conservador previamente descrito por Nussio e Schmidt (2004), que estimaram em cerca de 70% a recuperação de N em silagens de cana adicionadas de uréia. A alta recuperação de N é um fator importante ao se determinar o custo de oportunidade de uso da uréia como aditivo na ensilagem da cana-de-açúcar.

3.4.4 Digestibilidade verdadeira *in vitro* da MS e da MO

As digestibilidades verdadeiras *in vitro* da MS (DVIVMS) e da MO (DVIVMO) foram superiores para as silagens da variedade IAC86-2480, em relação às da

variedade IAC87-3184 (tabela 13), para as três idades de corte avaliadas, provavelmente em função do menor teor de componentes da parede celular (FDN e FDA) observados nas silagens dessa variedade (tabela 11), bem como o teor de carboidratos solúveis mais elevado (tabela 17).

Esse efeito havia sido previamente descrito por Rodrigues et al. (2001), que observaram elevado coeficiente de digestibilidade *in vitro* para a variedade IAC86-2480 (média de 64,2%), quando comparado à variedade IAC87-3184 (54,8%), ambas cortadas sob três idades distintas.

Baliero Neto et al. (2005) avaliaram a ensilagem da cana da variedade IAC86-2480, e observaram valor médio de digestibilidade *in vitro* de 62,1% para a silagem sem aditivos, e de 65,6% para a silagem adicionada de cal virgem. Esses resultados confirmam as afirmativas de Landell et al. (2002), que descreveram a variedade IAC86-2480 como uma fonte de forragem de elevado valor nutritivo, com alta digestibilidade.

Embora os coeficientes médios de digestibilidade da MS de ambas variedades de cana usadas na ensilagem tenham apresentado valores crescentes entre as três idades de corte avaliadas (65,8; 67,3 e 70,7% para IAC86-2480 e 60,5, 62,6 e 62,9% para IAC87-3184, para os cortes aos 12, 15 e 18 meses) (tabela 5), a digestibilidade da MS e da MO das silagens apresentou alguns valores decrescentes, principalmente entre os cortes de 15 e 18 meses. Uma possível explicação para esse efeito está relacionada às maiores perdas de MS observadas na ensilagem ocorrida aos 18 meses (tabela 15), com conseqüente elevação no teor de FDN (tabela 11), para ambas variáveis.

A adição de uréia durante a ensilagem mostrou-se efetiva em elevar a digestibilidade da MS, em relação à silagem sem uréia, para todos os tratamentos testados, sem apresentar interação dupla significativa com outros fatores (tabela 3). Em média, a adição de uréia determinou elevação de 2,8 unidades percentuais nas silagens da variedade IAC86-2480 (de 56,5 para 59,3%), e de 3,3 unidades nas da variedade IAC87-3184 (de 51,5 para 54,8%). Possivelmente, o ganho em digestibilidade assistido com a inclusão de uréia durante a ensilagem esteja associado ao menor teor de FDN dessas silagens, sendo esse efeito decorrente de menores

perdas de MS e possível ação hidrolítica do aditivo (conforme discutido no item 3.4.2 desse capítulo).

Castro Neto (2003) adicionou 0,5% de uréia na MV durante a ensilagem da cana-de-açúcar e verificou pequena elevação na DVIVMS, de 45,3 para 48,5%, sem diferença estatística, em relação ao controle.

Pedroso (2003) avaliou a inclusão de aditivos na silagem de cana-de-açúcar e verificou incremento em digestibilidade da MS de 45,4 para 50,3% com a adição de 0,5% uréia na MV, em relação à silagem controle. Contudo, utilizando a mesma dosagem em silo de grande escala, Pedroso et al. (2006) observaram efeito inverso, com redução na digestibilidade *in vitro* da silagem adicionada de uréia, em relação à controle (de 52,3 para 51,8%), sem diferença significativa no desempenho de novilhas holandesas.

Andrade; Ferrari Júnior e Braun (2001) avaliaram a digestibilidade *in vivo* da silagem de cana-de-açúcar aditivada com uréia (0,5% da MV), usando ovelhas alojadas em gaiolas metabólicas, e verificaram coeficiente médio de digestibilidade de 53,6% para a silagem aditivada. Contudo, a silagem controle não foi avaliada no ensaio desses autores.

3.4.5 Produção de efluentes, gases e perdas totais de MS

As variáveis de perdas por efluentes, gases e perda total de MS não foram afetadas pelo tempo de abertura dos silos experimentais (tabela 4), embora esse fator tenha apresentado interações significativas com variedade de cana e aditivo. Esse efeito discorda do observado por Pedroso (2003), onde o armazenamento das silagens por 180 dias elevou as perdas por efluentes e gases, em relação ao período de 90 dias.

As silagens da variedade IAC86-2480 apresentaram menor produção de efluentes que as da variedade IAC87-3184, para as idades de corte de 12 e 15 meses, e valores semelhantes para o corte aos 18 meses (tabela 14), sendo o efeito verificado nos dois tempos de abertura avaliados.

Essa tendência é discrepante daquela observada para o teor de umidade das forragens originais, que foi mais elevado nas plantas da variedade IAC86-2480, nas três

idades de colheita (tabela 5). Da mesma forma, a hipótese de acúmulo de água metabólica proveniente da degradação de carboidratos não parece ser razoável, uma vez que silagens da variedade IAC87-3184 apresentaram menor perda total de MS (tabela 15) em relação à IAC86-2480. Uma possível explicação para essa observação poderia estar associada ao teor mais elevado de açúcares nas plantas da variedade IAC86-2480 (tabelas 2 e 5), exercendo higroscopicidade e retendo mais umidade junto à massa de forragem (tabela 10). Contudo esse efeito não foi avaliado no presente experimento e a literatura consultada apresenta controvérsia sobre essa hipótese.

Para ambas variedades, nos dois tempos de abertura avaliados, a ensilagem realizada aos 15 meses de idade produziu maior quantidade de efluentes, em relação às ensilagens aos 12 ou 18 meses. Em média, foram verificadas produções de 52,1; 58,4 e 37,2 kg de efluente/t MV, para os cortes aos 12, 15 e 18 meses, respectivamente. Esse efeito é concordante com o maior teor de umidade observado nas plantas de ambas variedades colhidas aos 15 meses (tabela 5).

Junqueira (2006) avaliou doses de uréia (1,0; 1,5 e 2,0% da MV) e um aditivo microbiano (*Lactobacillus buchneri*) na ensilagem da cana-de-açúcar, e verificou produção média de 7,2 kg de efluente/t MV, sem efeito significativo dos tratamentos avaliados, usando cana-de-açúcar com 32,1% de MS na ensilagem.

Da mesma forma, Siqueira (2005) testou a combinação de aditivos químicos e microbianos, e verificou produções de efluente variando entre 56,5 e 98,4 kg/t MV. Em média, as combinações de aditivos microbianos e uréia (1,5% da MV) apresentaram redução de 4,1 kg/t de MV na produção de efluente, em relação à silagem sem aditivos.

Efeitos discordantes foram observados por Pedroso (2003), que verificou elevação na produção de efluentes (de 7,0 para 23,6 kg/t MV), decorrente da aplicação de (0,5% de uréia na MV). Em outro ensaio, o autor verificou elevação na produção de efluentes de 15,1 para 28,5 e 32,2 kg/t MV, com a aplicação de 0,5 e 1,0% de uréia na MV. Embora ambos ensaios desse autor tenham apresentado elevação na produção de efluentes com a aplicação de uréia na ensilagem, esses resultados parecem não se repetir nos demais dados disponíveis na literatura, inclusive nos relatados no presente ensaio.

A produção de gases (% da MS) e a perda total de MS (PMS) na ensilagem estiveram intimamente associadas, sendo que, em média, a perda por gases respondeu por 75% da perda total de MS.

Nas três idades de corte avaliadas, a variedade IAC86-2480 acarretou maiores perdas de gases e perda total de MS na ensilagem, em comparação à IAC87-3184. Possivelmente, os valores superiores de perdas observados na variedade IAC86-2480 sejam decorrentes do maior teor de carboidratos solúveis disponíveis como substrato para crescimento microbiano (tabela 5). Da mesma forma, diferenças na população epifítica entre variedades podem ser uma possível explicação, embora não se tenha avaliado essa variável no presente ensaio.

Segundo McDonald; Henderson e Heron (1991), altas contagens de leveduras em silagens estão associadas ao teor de carboidratos solúveis das plantas, sendo responsáveis pela conversão anaeróbia de açúcares em etanol, água e dióxido de carbono, elevando assim as perdas de MS durante a fermentação.

As perdas gasosas e totais, para ambas variedades, apresentaram maiores valores na ensilagem aos 18 meses, e valores reduzidos aos 15 meses (tabela 15). Apesar do grande conjunto de variáveis avaliadas nesse ensaio, os fatores determinantes dessas diferenças provavelmente estiveram fora do objeto de controle experimental, podendo ainda ser resultante do interrelacionamento de duas ou mais variáveis.

O teor de carboidratos solúveis, embora diferente entre variedades de cana, manteve valores próximos ao longo das três idades de corte das plantas. O maior teor de umidade nas plantas colhidas aos 15 meses (tabela 5) pode ter exercido efeito sobre o crescimento e atividade de leveduras, embora esse efeito não seja previsto na literatura consultada. Ainda, fatores climáticos relacionados à época da ensilagem (tabela 19) podem ter exercido influência sobre a população de microrganismos epifíticos, alterando assim a intensidade de fermentação e a magnitude das perdas de MS (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

A adição de uréia nas ensilagens foi efetiva em reduzir as perdas de MS por gases e total, principalmente nos cortes realizados aos 12 e 15 meses (tabela 15). Na ensilagem com plantas cortadas aos 18 meses, os valores de perdas foram

semelhantes e elevados, para ambos tratamentos. As silagens aditivadas com uréia apresentaram elevação nas perdas na abertura aos 120 dias (18,1% para gases e 22,3% para perda total), em relação à abertura de 60 dias (16,1% para gases e 20,4% para perda total); porém esse efeito não foi observado nas silagens sem aditivo, que apresentaram perdas por gases e perda total de MS semelhantes, aos 60 (21,3 e 25,3%) e 120 dias (19,8 e 24,1%). Esse fato indica a efetividade de maior controle de fermentações indesejáveis na presença de uréia, especialmente durante a fase inicial de armazenamento.

Pedroso (2003) avaliou a uréia como aditivo na ensilagem da cana-de-açúcar em dois experimentos distintos. No primeiro, a adição de 0,5% da MS reduziu a produção de gases (de 10,3 para 8,2% da MS) e a perda total de MS (de 18,2 para 12,2%). Em um segundo experimento, a mesma dose de uréia reduziu a produção de gases, de 6,1 para 5,5% da MS, embora tenha elevado as perdas totais de MS, de 6,8 para 12,2%, decorrente da maior produção de efluentes.

Siqueira (2005) avaliou a dose de 1,5% de uréia na MV e verificou redução nas perdas por gases (de 15,9 para 13,2% da MS) e total (de 32,5 para 27,5%). Contudo, a fórmula usada por esse autor para cálculo das perdas decorrentes da produção de gases parece subestimar esse componente, conforme discutido no item 3.2.6.2.

Junqueira (2006) observou redução na produção de gases, de 22,2 para 16,0; 16,9 e 14,5% da MV, e nas perdas totais de MS, de 22,7 para 16,7; 17,6 e 15,1%, para doses de 1,0; 1,5 e 2,0% de uréia na MV, respectivamente.

A avaliação conjunta dos resultados permite inferir que os valores obtidos para perdas por efluente, gases e perda total de MS no presente experimento estão compreendidos dentro do intervalo de valores descritos na literatura, bem como concordam com os efeitos descritos para uso de uréia como aditivo.

3.4.7 pH e teor de carboidratos solúveis

Os valores de pH observados para todas as unidades experimentais apresentaram-se baixos e similares, variando entre 3,17 e 3,70 (tabela 4). Em média, as

silagens aditivadas com uréia apresentaram valor mais alto de pH (3,53) que as silagens sem aditivo (3,32).

Os valores verificados nesse experimento indicam que pH não é fator limitante em silagens de cana-de-açúcar, mesmo quando adicionada de ingredientes tamponantes, como é o caso da uréia. Por outro lado, o pH exclusivamente não pode ser usado como medida de qualidade das silagens de cana-de-açúcar, uma vez que essa variável não está associada à redução nas perdas de MS nesse tipo de material.

A quase totalidade dos trabalhos publicados têm evidenciado valores de pH variando entre 3,2 e 3,8 (KUNG Jr.; STANLEY, 1982; ANDRADE; FERRARI JÚNIOR; BRAUN, 2001; FREITAS et al., 2006a). Exceção é verificada para silagens adicionadas com NaOH, que apresentaram valores de pH entre 4,6 e 4,9 (SIQUEIRA, 2005).

Pedroso et al. (2005) avaliaram a dinâmica fermentativa em silagens de cana de açúcar e verificaram pH 4,0 já no segundo dia após a ensilagem. McDonald; Henderson e Heron (1991) consideram que valores de pH abaixo de 4,2 são adequados, embora para a grande maioria das silagens, a velocidade de queda do pH seja um fator mais importante que o valor final dessa variável. Contudo, os mesmos autores afirmam que em substratos ricos em carboidratos solúveis, leveduras podem se desenvolver sob pH 3,5 ou até inferior.

A aplicação de uréia na ensilagem não influenciou os teores de carboidratos solúveis (CHOs) residuais das silagens (tabela 3). Essa constatação discorda dos efeitos positivos da uréia verificados sobre as perdas por gases e perda total de MS, atribuídos ao menor consumo de carboidratos solúveis, decorrente da inibição parcial na atividade de leveduras. Duas hipóteses podem ser formuladas para explicar esse efeito: 1) o alto coeficiente de variação dessa variável (tabela 3), peculiar a outras variáveis analisadas por espectrofotometria (N-NH₃, lactato), não permitiu verificar a ação do aditivo entre tratamentos; 2) os CHOs nas silagens adicionadas de uréia foram metabolizados a outros produtos mais estáveis que o etanol, como outros álcoois e aldeídos, não constituindo assim perda de MS, embora a redução na fração CHOs verificada seja semelhante à das silagens sem aditivos. De qualquer forma, esses prováveis compostos não foram objeto de avaliação no presente estudo.

Castro Neto (2003) observou redução no teor de CHOs das silagens de cana adicionadas de uréia (0,5% da MV) em relação ao controle, de 2,52 para 1,68% da MS. Contudo, esse autor não avaliou as perdas na ensilagem, dificultando a interpretação desse valor.

No trabalho desenvolvido por Junqueira (2006), a adição de 1% de uréia na MV não alterou os valores de CHOs nas silagens em relação ao controle, embora tenha reduzido as perdas de MS, de 22,7 para 16,7%. Pedroso (2003) observou teores semelhantes de CHOs e de perdas por gases, para silagens aditivadas com 0,5% de uréia na MV. A tendência de resposta observada por esses autores parece ser semelhante à encontrada no presente ensaio, corroborando a segunda hipótese levantada.

As silagens da variedade IAC86-2480 apresentaram maior teor residual de CHOs que as da IAC87-3184, para os cortes aos 12 e 18 meses. No corte aos 15 meses, as silagens de ambas variedades apresentaram teores semelhantes de CHOs. Em parte, esse efeito pode ser explicado pelo maior teor de CHOs na forragem fresca da variedade IAC86-2480 (tabela 5), para todas as idades de corte. Contudo, o menor teor de CHOs verificado nas silagens de ambas variedades, no corte aos 15 meses (tabela 17), não condiz com os valores reduzidos de perdas gasosas e perdas totais de MS observados nas silagens confeccionadas com plantas colhidas nessa idade, uma vez que o teor de CHOs nas plantas manteve valores próximos nas três idades de corte. As plantas da variedade IAC86-2480 apresentaram teores de 19,1; 19,9 e 20,8% da MS, e as da variedade IAC87-3184 apresentaram 16,0; 18,7 e 17,7% da MS, para os cortes realizados aos 12, 15 e 18 meses, respectivamente (tabela 5). Dessa forma, a possível explicação para esse efeito retorna às hipóteses anteriormente levantadas, possivelmente em decorrência de alterações na população epifítica da cana, conforme discutido no item 3.4.5.

As reduções médias nos teores de CHOs das silagens, em relação às plantas frescas, foram de 74,8, 84,1 e 67,4% para a variedade IAC86-2480, e de 79,0; 82,2 e 70,4%, para os cortes aos 12, 15 e 18 meses, respectivamente. Pedroso (2003) observou reduções variando entre 42,5 e 75,6% no teor de CHOs nas silagens de cana-de-açúcar com diferentes aditivos.

O efeito de tempo de abertura foi observado apenas na ensilagem aos 18 meses, onde os silos abertos após 120 dias de armazenamento apresentaram teores mais elevados de CHOs residuais (tabela 17), embora esses valores pareçam estar associados à fatores não contemplados no modelo experimental.

3.4.8 Teores de etanol e ácidos orgânicos

Os teores de etanol, ácido láctico, ácido acético e relação láctico:acético apresentaram interação apenas entre os fatores idade de corte e tempo de abertura (tabela 4). Os ácidos propiônico (C3) e butírico (C4) foram encontrados em quantidades reduzidas (traços) nas silagens (tabelas 7 e 9), e não serão abordados nessa discussão.

Da mesma forma que verificado para a variável CHOs, o teor de etanol nas silagens não foi influenciado pela inclusão da uréia na ensilagem. Novamente esse fator contrasta com os efeitos positivos da uréia na redução das perdas de MS (tabela 15), conforme discutido no item 3.4.7. Esse dado está em desacordo com os dados de literatura, que apontam redução no teor de etanol das silagens decorrente da adoção de uréia como aditivo (CASTRO NETO, 2003; PEDROSO, 2003; JUNQUEIRA, 2006). Contudo, no trabalho relatado por Andrade e Ferrari Júnior (2003) também não observada alteração no teor de etanol com a adição de uréia na ensilagem da cana. A análise dos dados observados na literatura consultada indica que, possivelmente, esse efeito da uréia sobre o teor de etanol em silagens de cana-de-açúcar seja dose-dependente, com melhores respostas observadas para doses em torno de 1,0% da MV.

A observação dos dados médios de cada tratamento no presente ensaio (tabelas 7 e 9) indica que em metade das comparações entre silagens com e sem uréia, o aditivo mostrou-se eficaz em reduzir o teor de etanol. Contudo, a grande variabilidade nos valores obtidos, entre 0,46 e 14,4% da MS (tabela 4), bem como o alto coeficiente de variação encontrado (49,2%) não permitiram a identificação de alterações significativas associadas ao uso da uréia sobre a variável teor de etanol.

As silagens da variedade IAC86-2480 apresentaram maior teor de etanol que as da variedade IAC87-3184, para todas as idades de corte avaliadas (tabelas 7 e 9). Em

média, as silagens da IAC86-2480 apresentaram 3,86; 3,24 e 7,99% de etanol na MS, enquanto as silagens da IAC87-3184 revelaram teores de 2,27; 1,62 e 5,54%, para as idades de corte de 12, 15 e 18 meses. Esse efeito pode ser devido ao maior teor de CHOs presentes nas plantas frescas da variedade IAC86-2480 (tabela 5), bem como a diferenças na população epifítica dessas plantas, em relação às silagens da IAC87-3184.

Pedroso et al. (2005) avaliaram a dinâmica de fermentação em silagens de cana-de-açúcar, e observaram altos coeficientes de correlação do teor de etanol nas silagens com a produção de gases (0,90) e com a perda total de MS (0,89), estando essas variáveis intimamente associadas.

As silagens armazenadas por 120 dias apresentaram maior teor de etanol que aquelas conservadas somente por 60 dias, na ensilagem ocorrida aos 18 meses (tabela 18). O alto teor de etanol verificado nessas silagens é coincidente ao teor elevado de CHOs verificado para essa mesma interação de fatores (tabela 17), e discutida no item anterior.

Para ambos períodos de armazenamento, os teores de etanol mais elevados foram verificados nas silagens produzidas aos 18 meses de idade, efeito que determinou as maiores perdas por gases e perda total de MS nas silagens confeccionadas nessa idade de corte.

Segundo McDonald; Henderson e Heron (1991), a fermentação etanólica é um processo ineficiente, com formação de duas moléculas de etanol e duas de CO₂ para cada molécula de glicose consumida, resultando em elevadas perdas de MS.

Estudando doses de uréia (0,5; 1,0 e 1,5% da MV), e outros aditivos, na ensilagem da cana-de-açúcar, Pedroso (2003) não verificou efeito da uréia sobre o teor de etanol das silagens, com valores variando entre 3,5 e 4,2% da MS, embora as perdas de MS tenham sido menores nas silagens aditivadas com uréia.

Junqueira (2006) avaliou as dosagens de uréia na ensilagem da cana-de-açúcar, e verificou efeito positivo do aditivo sobre os teores de etanol, com médias de 5,7; 3,1; 4,1 e 2,6% da MS, para as silagens controle e adicionadas de 1,0; 1,5 e 2,0% na MV, respectivamente. Os valores de perdas de MS verificados por essa autora foram significativamente reduzidos com a adição de uréia.

Da mesma forma que o etanol, o teor de ácido láctico das silagens apresentou grande variação entre unidades experimentais, com valores distribuídos entre 0,41 e 8,51% da MS, com coeficiente de variação de 43,8%.

A aplicação de uréia determinou aumento no teor de ácido láctico das silagens. Em média, silagens com uréia apresentaram elevação de 42,5 e 47,6% no teor de ácido láctico, para as variedades IAC86-2480 e IAC87-3184, respectivamente. Esse efeito pode ser decorrente do suprimento de N proveniente da uréia, que estimula o desenvolvimento de bactérias ácido-láticas nas silagens (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991), principalmente em materiais pobres em PB, como é o caso da cana-de-açúcar. Efeitos semelhantes em silagens de cana-de-açúcar foram descritos por Andrade; Ferrari Júnior e Braun (2001) e Castro Neto (2003).

Contudo, Bravo Martins (2004) avaliou a população de microrganismos em silagens de cana-de-açúcar, e verificou redução na contagem de bactérias lácticas, de 8,62 para 6,54 UFC/g, decorrente da aplicação de 1% de uréia na ensilagem. A autora também evidenciou queda na contagem de leveduras com a aplicação de uréia (de 6,6 para 5,5 UFC/g), sendo que das 81 cepas de leveduras isoladas da silagem, a grande maioria consumia lactato como substrato.

Assim, o efeito positivo da uréia sobre o teor de ácido láctico das silagens no presente ensaio pode estar relacionado ao menor consumo de lactato por leveduras, que tiveram o desenvolvimento inibido pela uréia. Outra hipótese seria a de que doses maiores de uréia poderiam elevar discretamente o poder tampão das silagens, exigindo maior conversão de CHOs até ácido láctico para obter a acidez titulável necessária à estabilização da massa. O desafio da fermentação de silagens com a adição de compostos alcalinos é bem documentado na literatura (WHITTENBURY et al., 1967; WOOLFORD, 1978).

Os teores mais baixos de ácido láctico foram observados na ensilagem aos 15 meses, para os tempos de armazenamento de 60 e 120 dias. Esse efeito coincide com a menor produção de etanol e menores perdas nas silagens de plantas cortadas nessa idade (tabela 15), embora o consumo de CHOs durante a ensilagem tenha sido alto, conforme discutido no item 3.4.7.

O efeito ocorrido na ensilagem aos 15 meses, para ambas variedades de cana, não apresenta lógica aparente, uma vez que observou-se baixa produção de etanol, ácido láctico e acético, baixas perdas de gases e MS, porém alto consumo de carboidratos solúveis. Analisando esses dados em conjunto, a explicação mais razoável sugere ter havido maior produção de efluentes nas silagens aos 15 meses (tabela 14), decorrente do maior teor de umidade nas plantas nessa idade de corte (item 3.4.1), que poderia ter lixiviado açúcares solúveis para a camada de areia no fundo dos silos experimentais. Contudo, a composição química do efluente não foi avaliada nesse ensaio, e não há relatos disponíveis na literatura consultada sobre a composição de efluentes em silagens de cana-de-açúcar.

Os teores de ácido acético apresentaram menor variabilidade que os teores de ácido láctico, com valores variando entre 1,48 e 3,45% da MS, com coeficiente de variação de 12,8% (tabela 4). Da mesma forma que o ocorrido para o etanol, o teor de ácido acético não foi influenciado pela adição de uréia na ensilagem. Embora tenha se assistido efeito de interação entre idade de corte das plantas e tempo de armazenamento da silagem (tabela 18), os valores médios apresentaram-se bastante próximos, não permitindo a constatação de efeito dos fatores testados sobre essa variável.

A relação entre os ácidos láctico e acético apresentou-se bastante variável, em função das variações observadas no teor de ácido láctico, conforme discutido acima. Os valores calculados para essa relação variaram de 0,18 a 4,25:1, com coeficiente de variação de 46,5% (tabela 4). Valores elevados na relação láctico:acético foram observados na ensilagem aos 12 meses, e valores reduzidos na ensilagem aos 15 meses (tabela 18), em função das variações detectadas no teor de ácido láctico, principalmente.

Poucos são os trabalhos encontrados na literatura que apresentam teores de ácidos orgânicos em silagens de cana-de-açúcar, e não foram encontrados trabalhos onde esses teores são associados com valores de produção de gases e perdas de MS durante a ensilagem da cana-de-açúcar. Para as silagens confeccionadas com plantas de uso tradicional, há grande número de relatos sobre concentrações de ácidos orgânicos.

Kung Jr. e Shaver (2001) afirmaram que em plantas de milho, a relação entre os ácidos láctico e acético deveria variar entre 2,3 a 4,0:1; em silagens de alfafa, essa relação varia entre 2,7 a 3,5:1; e em silagens de gramíneas temperadas varia entre 3,3 e 6,0:1, sendo que os maiores teores percentuais de ácido láctico (6,2 a 8,9% da MS) são verificados nas silagens de Alfafa, em função do elevado poder de tamponamento dessa leguminosa. Resultados de trabalhos avaliando a adição de uréia em silagens de milho (GONÇALVES et al., 1998) e sorgo (VIEIRA et al., 2004) têm mostrado elevação no teor de ácido acético e redução na relação láctico:acético, em decorrência da inclusão desse aditivo.

Kung Jr. e Stanley (1982) avaliaram diferentes idades de corte das plantas de cana-de-açúcar (6, 9, 12, 15 e 24 meses) e o efeito sobre a qualidade das silagens. Os autores verificaram ausência de efeito das idades de corte sobre o teor de ácidos, com valores médios de 4,75% de ácido láctico e 1,58% de acético na MS. Contudo, foi observado aumento linear no teor de etanol com o aumento na idade das plantas, com valores variando entre 7,5 e 17,5% da MS, e tendência de redução no teor de ácido láctico com o aumento do etanol. Segundo os autores, esse efeito pode ser devido à competição entre bactérias e leveduras por açúcares solúveis.

Andrade; Ferrari Júnior e Braun (2001) analisaram silagem de cana-de-açúcar adicionada de uréia (0,5% da MV) e observaram teores de ácidos láctico e acético de 4,14 e 0,91%, e teor de etanol de 12,9% da MS.

Avaliando a mesma dose de uréia na ensilagem da cana, Castro Neto (2003) verificou teores de ácidos láctico, acético e etanol de 4,7; 1,9 e 12,9% da MS para silagens controle, e 8,0; 2,3 e 8,9% da MS para silagens aditivadas, evidenciando efeito positivo da uréia sobre aumento na produção de ácidos orgânicos e redução no teor de etanol das silagens. Contudo, o autor não mensurou a produção de gases e a perda de MS nessas silagens.

Silva (2003) avaliou aditivo comercial contendo bactérias homoláticas, fubá de milho e a associação dos dois aditivos na ensilagem da cana-de-açúcar, e observou teores de ácido láctico entre 1,8 e 2,1% da MS; ácido acético entre 1,5 e 8,3% da MS; etanol entre 12,3 e 17,4% da MS. A autora não verificou benefício dos aditivos sobre as características fermentativas e produção de efluentes das silagens.

A análise geral dos dados evidencia que os valores de etanol e ácidos orgânicos verificados nas silagens do presente experimento encontram-se dentro do intervalo de variação determinado pelos poucos dados disponíveis na literatura.

3.5 Conclusões

As variedades de cana-de-açúcar utilizadas no presente ensaio apresentaram diferenças significativas em relação à composição químico-bromatológica, o que refletiu diferenças de comportamento quando submetidas à ensilagem.

A variedade IAC86-2480 caracterizou-se como forragem de valor nutritivo superior à variedade IA87-3184 para as três idades de corte avaliadas. Contudo, essa variedade mostrou-se mais propensa às perdas de MS durante a ensilagem.

A uréia foi efetiva em reduzir as perdas de MS durante a ensilagem, embora o mecanismo de redução dessas perdas não tenha sido totalmente esclarecido com as variáveis testadas no presente ensaio.

A composição de nutrientes da cana foi pouco alterada entre as idades de colheita avaliadas. Contudo, plantas ensiladas aos 15 meses de idade resultaram em perdas de MS reduzidas, sem explicação consistente.

Os tempos de armazenamento das silagens avaliadas não afetaram as perdas de MS e efluentes, e, em média, tiveram menor importância sobre as características qualitativas das forragens conservadas em relação aos outros fatores.

A análise das interações sugere que o manejo de aditivos na ensilagem da cana-de-açúcar deve considerar o fator variedade na adequação do tipo e dosagem do produto.

Referências

ALLI, I; FAIRBAIRN, R; BAKER, B.E.; GARCIA, G. The effects of ammonia on the fermentation of chopped sugarcane. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.9, p.291-299, 1983.

ALVAREZ, F.J.; PRESTON, T.R. Ammonia/molasses and urea/molasses as additives for ensiled sugarcane. **Tropical Animal Production**, Santo Domingo, v.1, p. 98-104, 1976.

ANDRADE, J.B.; FERRARI JÚNIOR, E; BRAUN, G. Valor nutritivo da silagem da cana-de-açúcar tratada com uréia e acrescida de rolão de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 9, p.1169-1174, 2001.

ANDRADE, J.B.; FERRARI JÚNIOR, E. Composição química da silagem de cana-de-açúcar tratada com uréia e diferentes doses de hidróxido de sódio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003. 1 CD ROM.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15th. ed. Arlington, 1990. v.1. 1117p.

AZEVEDO, J.A.G.; PEREIRA, J.C.; CARNEIRO, P.C.S.; QUEIROZ, A.C.; BARBOSA, M.H.P.; FERNANDEZ, A.M.; RENNÓ, F.P. Avaliação da Divergência Nutricional de Variedades de Cana-de-Açúcar (*Saccharum spp.*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v.32, n.6, p.1431-1442, 2003.

BOIN, C.; TEDESCHI, L.O. Cana-de-açúcar na alimentação de gado de corte. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 5., 1993, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1993. p.107-126.

BALIEIRO NETO, G.; SIQUEIRA, G.R.; NOGUEIRA, J.R.; REIS, R.A.; SILVA, D.N.; ROTH, A.P.T.P. Valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar cv. IAC 86/2480 (*Saccharum officinarum* L.) com doses de óxido de cálcio antes e depois da ensilagem e com 3, 6 e 9 dias após abertura do silo. In: CONGRESSO NACIONAL DE ZOOTECNIA, 10., 2005, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: ZOOTEC, 2005. 1 CD-ROM.

BRAVO-MARTINS, C.E.C. **Identificação de leveduras envolvidas no processo de ensilagem de cana-de-açúcar e utilização de extratos vegetais como seus inibidores**. 2004. 148p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

BRITT, D.G.; HUBER, J.T.; ROGERS, A.L. Fungal growth and acid production during fermentation and refermentation of organic acid treated corn silages. **Journal of Dairy Sciences**, Lancaster, v. 58, p. 532-539, 1975.

CASTRO NETO, A.G. **Avaliação de silagens de cana-de-açúcar submetidas a diferentes tratamentos**. 2003. 101p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

CENTRO DE PESQUISA DE PECUÁRIA DO SUDESTE – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Dados meteorológicos**. Disponível em: <<http://www.cppse.embrapa.br/servicos/dados-meteorologicos/>>. Acesso em: 04 jul. 2006.

CHANEY, A.L.; MARBACH, E.P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical Chemistry**, Washington, v.8, p.130-137, 1962.

DOLBERG, F. Progress in the utilization of urea-ammonia treated crop residues: nutritional dimensions and application of the technology on small farms. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29., 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: SBZ, 1992. p.130-145.

DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. Colorometric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, Washington, v.28, p.350, 1956.

FREITAS, A.W.P.; PEREIRA, J.C.; ROCHA, F.C.; COSTA, M.G.; LEONEL, F.P.; RIBEIRO, M.D. Avaliação da qualidade nutricional da silagem de cana-de-açúcar com aditivos microbianos e enriquecida com resíduo da colheita de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v.35, n.1, p.38-47, 2006a.

FREITAS, A.W.P.; PEREIRA, J.C.; ROCHA, F.C.; DETMANN, E.; BARBOSA, M.H.P.; RIBEIRO, M.D.; COSTA, M.G. Avaliação da divergência nutricional de genótipos de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v.35, n.1, p.229-236, 2006b.

GONÇALVES, L.C.; BORGES, A.L.C.C.; RODRIGUEZ, N.M.; PIZARRO, E.A. Valor nutritivo da silagem de milho adicionada de uréia e carbonato de cálcio e do rolão de milho. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.50, n.3, p.309-315, 1998.

HOLDEN, L.A. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.82, n.8, p.1791-1794, 1999.

JUNQUEIRA, M.C. **Aditivos químicos e inoculantes microbianos em silagens de cana-de-açúcar: perdas na conservação, estabilidade aeróbia e o desempenho de animais**. 2006. 98p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

KUNG, L. Junior.; SHAVER, R. Interpretation and use of silage fermentation analysis reports. **Focus on Forage**, Winsconsin, v.3, n.13, p.1-5, 2001.

- KUNG, L. Junior.; STANLEY, R.W. Effects of stage of maturity on the nutritive value of whole-plant sugarcane preserved as silage. **Journal of Animal Science**, Albany, v.54, p.689-696, 1982.
- KUNG, L. Junior.; GRIEVE, D.B.; THOMAS, J.W.; HUBER, J.T. Added ammonia or microbial inocula for fermentation and nitrogenous compounds of alfafa ensiled at various percents of dry matter. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.67, p.299-306, 1984.
- LAMMERS, B.P.; BUCKMASTER, D.R.; HEINRICH, A.J. A simple method for the analysis of particle size of forage and total mixed rations. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.79, p.922-928, 1996.
- LANDELL, M.G.A.; CAMPANA, M.P.; RODRIGUES, A.A.; CRUZ, G.M.; BATISTA, L.A.R.; FIGUEIREDO, P.; SILVA, M.A.; BIDOIA, M.A.P. **A variedade IAC86-2480 como nova opção de cana-de-açúcar para fins forrageiros: manejo de produção e uso na alimentação animal**. Campinas: IAC, 2002. 36p.
- MARI, L.J.; NUSSIO, L.G. **O método Penn State Particle Size Separator para a predição do tamanho de partículas de silagens**. Disponível em: <<http://www.beefpoint.com.br/bn/radarestecnicos>>. Acesso em: 12 mai. 2006.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. 2nd ed. Merlow:Chalcomb Publications, 1991. 340p.
- NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P. Tecnologia de produção e valor alimentício de silagens de cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2., 2004, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, 2004. p.01-33.
- PALMIQUIST, D.; CONRAD, H. Origin of plasma fatty acids in lactating cows fed high fat diets. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.74, p.3152, 1971.
- PAZIANI, S.F. **Controle de perdas na ensilagem, desempenho e digestão de nutrientes em bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de capim tanzânia**. 2004. 208p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.
- PEDROSO, A.F. **Aditivos químicos e microbianos como inibidores da produção de etanol em silagens de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. 2003. 140p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F.; LOURES, D.R.S.; IGARASI, M.S.; COELHO, R.M.; PACKER, I.H.; HORII, J.; GOMES, L.H. Fermentation and epiphytic microflora dynamics in sugar cane silage. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.62, n.5, p.427-432, 2005.

- PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; BARIONI, W.Jr.; RODRIGUES, A.A.; LOURES, D.R.S.; CAMPOS, F.; RIBEIRO, J.L.; MARI, L.; ZOPOLLATTO, M.; JUNQUEIRA, M.; SCHMIDT, P.; PAZIANI, S.F.; HORII, J. Performance of holstein heifers fed sugarcane silages treated with urea, sodium benzoate or *Lactobacillus buchneri*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.4, p.649-654, 2006.
- PRESTON, T.R.; HINOJOSA, C.; MARTINEZ, L. Ensiling of sugarcane with ammonia molasses and mineral acids. **Tropical Animal Production**, Santo Domingo, v.1, p.120-126, 1976.
- PRESTON, T.R. The use of sugar cane and by products for livestock. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 21., 1984, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBZ, 1984. p.99-122.
- PRYCE, J.D. A modification of Barker-Summerson method for the determination of lactic acid. **Analyst**, Cambridge, v.94, p.1151-1152, 1969.
- REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A. **Amonização de volumosos**. Jaboticabal: FUNEP, 1993. 22p.
- RODRIGUES, A.A.; CRUZ, G.M.; BATISTA, L.A.R.; LANDELL, M.G.A. Qualidade de dezoito variedades de cana-de-açúcar como alimento para bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p.1111-1113.
- SAS INSTITUTE. **SAS user's guide**: Statistics. Cary, 1996. 983p.
- SILVA, S.A.R. **Avaliação da eficiência fermentativa da cana-de-açúcar ensilada com diferentes aditivos**. 2003. 44p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2003.
- SIQUEIRA, G.R.; BERNARDES, T.F.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P.; REIS, R.A.; PIRES, A.J.V.; AMARAL, R.C.; ROTH, A.P.T.P. Silagens de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) crua e queimada tratadas com diferentes concentrações de uréia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004. 1 CD ROM.
- SIQUEIRA, G.R. **Cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) ensilada com aditivos químicos e microbianos**. 2005. 92p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2005.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. **Analysis of forages and fibrous foods**. Ithaca: Cornell University, 1985. 202p.

VIEIRA, F.A.P.; BORGES, I.; STEHLING, C.A.V.; GONÇALVES, L.C.; COELHO, S.G. Qualidade de silagens de sorgo com aditivos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.56, n.6, p.819-829, 2004.

WHITTENBURY, R.; McDONALD, P.; BRYAN-JONES, D.G. A short review of some biochemical and microbiological aspects of ensilage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Hoboken, v.18, p.441-452, 1967.

WOOLFORD, M.K. Antimicrobial effects of mineral acids, organic acids, salts and sterilizing agents in relation to their potential as silage additives. **Journal of British Grassland Society**, Oxford, v.33, p.131-139, 1978.

4 EFEITO DE ADITIVOS QUÍMICOS OU MICROBIANOS NA ENSILAGEM DE CANA-DE-AÇÚCAR E O COMPORTAMENTO INGESTIVO, CONSUMO E DIGESTÃO DE NUTRIENTES EM BOVINOS DE CORTE

Resumo

O presente experimento teve por objetivo avaliar o efeito da inclusão de aditivos na ensilagem da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) sobre as variáveis de recuperação de MS e composição químico-bromatológica das silagens; comportamento ingestivo, consumo voluntário, digestibilidade de nutrientes no trato total, degradação ruminal e parâmetros de fermentação ruminal de bovinos de corte. Para isso foram usados cinco novilhos da raça Nelore providos de cânula ruminal, alocados em gaiolas metabólicas, em um delineamento do tipo quadrado latino 5x5, recebendo rações com 65% de volumoso na MS. Os tratamentos aplicados à forragem foram: Controle – silagem sem aditivos; Uréia – silagens aditivadas com 0,5% de uréia na MV; Benzoato – silagens aditivadas com 0,1% de benzoato de sódio na MV; LP – silagens inoculadas com *Lactobacillus plantarum* (1×10^6 UFC/g MV); LB – silagens inoculadas com *L. buchneri* ($3,6 \times 10^5$ UFC/g MV). A forragem foi armazenada em silos do tipo poço por 90 dias antes do fornecimento aos animais. A composição químico-bromatológica da cana-de-açúcar foi alterada após a ensilagem, com redução no teor de carboidratos solúveis e na digestibilidade *in vitro*, e elevação relativa no teor de FDN e FDA. Os teores médios de etanol (0,30% da MS) e ácidos orgânicos das silagens (0,99% de ácido láctico e 2,31% de acético) foram baixos e semelhantes entre tratamentos. Observou-se maior recuperação de MS para as silagens aditivadas com benzoato de sódio (86,8%) e *L. buchneri* (88,0%). Os aditivos aplicados na ensilagem não promoveram alterações no consumo e digestibilidade aparente da MS, que apresentaram valores médios de 7,2 kg MS/dia e 63,6%. Da mesma forma, o comportamento ingestivo dos animais não foi alterado, com tempos médios de 230,6; 519,6 e 672,8 minutos/dia despendidos com as atividades de ingestão de ração, ruminação e ócio, respectivamente. Os parâmetros ruminais foram afetados de forma moderada pelos tratamentos experimentais, com efeito significativo ($P < 0,05$) de horário de coleta de amostras sobre a concentração dessas variáveis. As concentrações molares médias dos ácidos acético, propiônico e butírico foram de 60,9; 19,3 e 10,2 mM, respectivamente. A degradabilidade ruminal da MS e da MO foi afetada pelos tratamentos aplicados à forragem, em pequena intensidade, alcançando maiores valores de degradabilidade efetiva para os tratamentos Uréia, LB e Benzoato. Embora os aditivos aplicados à forragem durante a ensilagem resultaram em alterações marginais sobre a maior parte das variáveis avaliadas, a utilização de silagem de cana-de-açúcar na ração de bovinos manteve padrões ruminais, de digestão de nutrientes e comportamento ingestivo similares a outras fontes de volumosos tradicionais.

Palavras-chave: silagem, aditivos, perdas, parâmetros ruminais, digestibilidade, degradabilidade.

Abstract

Effect of chemical or microbial additives in sugar cane ensiling and ingestive behavior, dry matter intake and nutrient digestion of beef cattle

This study aimed to evaluate the effects of additives in the sugar cane (*Saccharum officinarum* L.) ensiling on the DM recovery rate and chemical composition of silages; ingestive behavior, voluntary feed intake, nutrient digestibility, ruminal degradability and fermentation parameters of beef steers. There were used five Nellore steers provided with ruminal cannula, assigned to a 5x5 latin square design. The steers were blocked in metabolic cages and were fed with 65% forage based rations. The following treatments were applied to the forage (wet basis): Control – no additives; Urea – 0.5% urea; Na-Benzoate – 0.1% sodium benzoate; LP – *Lactobacillus plantarum* (1×10^6 CFU/g); LB – *L. buchneri* (3.6×10^5 CFU/g). The forage was stored in pit silos over 90 days before animal start being fed. The chemical composition of the original sugar cane was changed across the storage period. Water soluble carbohydrates and *in vitro* digestibility were decreased and NDF and ADF content were increased during the process. The ethanol (0.30% of DM) and organic acids content (0.99% lactic acid and 2.31% acetic acid) were low and similar among treatments. Na-Benzoate and *L. buchneri* added silages showed higher DM recovery rates (86.8 and 88.0%). The applied additives did not improve the voluntary feed intake (7,2 kg/d) or apparent digestibility of DM (63.6%). Furthermore, the ingestive behavior of animals was not changed, averaging 230.6, 519.6 and 672.8 minutes/d spent with feeding, rumination and idling activities, respectively. The ruminal parameters were minimally affected by experimental treatments, with significant effect of sampling time over these parameters. The mean molar concentration of acetic, propionic and butiric acids were 60.9, 19.3, and 10.2 mM, respectively. The ruminal degradabilities of DM and OM were slightly affected by treatments applied onto the forage. Urea, LB and Na-Benzoate showed higher effective degradabilities than Control and LP. Although the additives applied at the ensiling resulted in small changes over the studied parameters, the sugar cane silage rations maintained the ruminal patterns, the nutrient digestion and the ingestive behavior as similar as other traditional forage sources.

Key words: silage, additives, losses, ruminal parameters, digestibility, degradability.

4.1 Introdução

A conservação da cana-de-açúcar na forma de silagem é um tema que vem se destacando nos últimos anos, com interesse crescente por produtores e pesquisadores, em função dos benefícios em logística e operacionalidade que esse volumoso ensilado pode apresentar. Segundo levantamento realizado por Nussio e Schmidt (2004), o número de trabalhos publicados e instituições envolvidas com esse tema têm se elevado a cada ano, a partir do ano de 1999.

A quase totalidade dos trabalhos de pesquisa desenvolvidos com silagens de cana-de-açúcar tem buscado a obtenção de aditivos que, associados à ensilagem, possam inibir a fermentação alcoólica característica desse material, com vistas a minimizar as perdas observadas quando a cana é ensilada exclusivamente (GONZÁLEZ e McLEOD, 1976), ou associada a aditivos ineficazes.

Apesar de potencialmente aproveitável como substrato energético para os ruminantes, através da conversão a acetato no rúmen (CHALUPA; EVANS; STILLIONS, 1964), grande parte do etanol produzido nas silagens é perdido por volatilização, durante a estocagem nos silos, retirada e fornecimento da silagem no cocho (ALLI; BAKER; GARCIA, 1982). A produção deste álcool representa perda de aproximadamente 49% de matéria seca (MS) dos substratos, sendo essa perda composta, principalmente, por carboidratos solúveis, embora a perda em energia seja minimizada pela elevada concentração energética presente no etanol (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

Estudos preliminares indicam também que o etanol residual na forragem pode provocar rejeição de consumo (SILVESTRE; McLEOD; PRESTON, 1976). Contudo, quando ingerido, o etanol pode apresentar significativa contribuição energética ao animal.

Avaliando o efeito da infusão de doses de etanol marcado com ^{14}C (1, 4 e 8 g/L/dia), em um simulador ruminal de fluxo semi-contínuo (RUSITEC), Durix et al. (1991) observaram elevação de até 40% na concentração molar de ácidos graxos voláteis (AGV), principalmente ácido acético (77-80% dos AGV totais formados a partir do etanol). Contudo, apenas uma pequena parte do etanol foi convertido a AGV e, como não foi verificado a presença de carbono marcado na fase gasosa (CO_2 e CH_4), a maior parte do etanol foi rapidamente absorvida pela parede ruminal. Os autores afirmaram que, dessa forma, a energia do etanol ingerida pelo ruminante é inteiramente disponível, ou via direta, por absorção, ou mediante conversão a AGV no rúmen. Não foi verificado efeito das doses de etanol sobre a degradabilidade da matéria orgânica, do nitrogênio e da fração fibrosa de forragens incubadas nos meios. Segundo os autores, esses fatos indicam que a interação entre etanol no rúmen e a fermentação de alimentos sólidos é pouco significativa.

Vários aditivos controladores da população de leveduras e da fermentação etanólica têm sido empregados na ensilagem da cana-de-açúcar, e os resultados até o momento têm se apresentado bastante variáveis (ANDRADE; FERRARI JÚNIOR; BRAUN, 2001; PEDROSO, 2003; FREITAS et al., 2006). Alterações na rota de fermentação das silagens mediante aplicação de aditivos podem levar a diferenças na composição químico-bromatológica final do alimento (CASTRO NETO, 2003; SIQUEIRA, 2005), o que pode afetar diretamente o consumo de MS e a digestão de nutrientes em ruminantes (NIEBLAS; SHIMADA; PALACIOS, 1982; PEDROSO et al., 2006).

Aditivos químicos, como a uréia, podem melhorar a qualidade das silagens de cana-de-açúcar, diminuindo a população de leveduras e mofos, reduzindo a produção de etanol, as perdas de MS e de carboidratos solúveis e propiciando melhor composição bromatológica nas silagens tratadas, em comparação a silagens de cana exclusiva (ALLI et al., 1983; LIMA et al., 2002). Da mesma forma, o ácido benzóico tem demonstrado efeito inibitório sobre leveduras e mofos e a capacidade de melhorar a conservação e a estabilidade aeróbia das silagens tratadas (OHYAMA; MASAKI; HARA, 1975; LÄTTEMÄE e LINGVALL, 1996). Em recente estudo, Pedroso (2003) verificou que aditivos químicos apresentaram efeitos positivos quando usados na ensilagem da cana-de-açúcar.

O uso de inoculantes bacterianos também foi avaliado na ensilagem da cana, apresentando padrão de resposta condizente com tipo de fermentação esperada. Pedroso (2003) verificou elevação nas perdas de MS, teor de etanol e redução da digestibilidade *in vitro* da MS com a aplicação de inoculante comercial contendo bactérias homoláticas *Lactobacillus plantarum*. Segundo o autor esse efeito pode ser decorrente da baixa capacidade de inibição do crescimento de leveduras apresentada pelo ácido láctico. Resultados semelhantes foram obtidos por Silva (2003) e Freitas et al. (2006).

Inoculantes bacterianos contendo as bactérias heterofermentativas *L. buchneri*, que produzem ácido acético em detrimento do ácido láctico, têm se mostrado mais eficazes em reduzir a população de leveduras e aumentar a estabilidade aeróbia de silagens de milho e de gramíneas de clima temperado (RANJIT e KUNG, Jr., 2000;

TAYLOR et al., 2002). A avaliação desse microrganismo na ensilagem da cana-de-açúcar, resultou em aumento na recuperação de MS, redução na produção de etanol e aumento da estabilidade aeróbia das silagens, bem como elevação de consumo e ganho de peso em bovinos (PEDROSO et al., 2006).

O objetivo do presente experimento foi avaliar o efeito da aplicação de aditivos químicos e bacterianos na ensilagem da cana-de-açúcar sobre o comportamento ingestivo, consumo, degradação de MS e componentes da parede celular, parâmetros de fermentação ruminal e digestão de nutrientes no trato total de bovinos de corte canulados no rúmen, alimentados com rações contendo essas silagens.

4.2 Material e métodos

4.2.1 Local do experimento

O experimento foi realizado no Setor de Ruminantes do Departamento de Zootecnia da USP/ESALQ, em Piracicaba/SP. As análises químico-bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do mesmo Departamento.

4.2.2 Desenho experimental

Adotou-se o delineamento em um quadrado latino 5x5 para realização desse experimento. Os tratamentos usados para avaliação nos animais foram:

Controle – silagem de cana-de-açúcar sem aditivos;

Uréia – silagem de cana-de-açúcar aditivada com de uréia;

Benzoato – silagem de cana-de-açúcar aditivada com benzoato de sódio;

LP – silagem de cana-de-açúcar aditivada com *Lactobacillus plantarum*;

LB – silagem de cana-de-açúcar aditivada com *L. buchneri*.

Foram realizados cinco períodos experimentais de 14 dias cada, sendo sete dias para adaptação às rações e sete dias de avaliação e colheita de amostras.

4.2.3 Confeção das silagens

O processo de ensilagem foi realizado entre os dias 23 e 25 de julho de 2002. As silagens foram confeccionadas em silos do tipo poço cobertos, com profundidade de seis metros e capacidade para armazenar seis toneladas cada.

A cana-de-açúcar da variedade RB78-5841 foi colhida madura (segundo corte; aproximadamente 12 meses de crescimento), sem retirada de palha, com uma colhedora da marca Mentamit[®] acoplada ao trator e regulada para corte com tamanho médio de partículas entre 5 a 10 mm. A determinação do grau brix da cana-de-açúcar foi realizada por meio de refratômetro de campo (TOKYO[®], modelo 032).

A aplicação dos tratamentos foi realizada diretamente na forragem picada durante a ensilagem. A forragem foi manualmente depositada em camadas de aproximadamente 50 cm no interior do silo, espalhada e compactada com os pés, por duas pessoas. Para efetuar a dosagem dos aditivos, a quantidade de forragem contida nos vagões utilizados no transporte foi estimada mediante o peso médio da forragem contida em dois vagões cheios.

No tratamento controle (**Controle**) a forragem foi ensilada exclusivamente, sem a adição de qualquer produto.

No tratamento **Uréia**, a uréia, na forma de fertilizante granulado contendo 45% de N, foi aplicada na dose de 0,5% da massa verde (MV), diluída em água deionizada (13 L/t MV). O benzoato de sódio (**Benzoato**) na forma de pó solúvel, foi aplicado na dose de 0,1% da MV, diluído em 13 L/t MV de água deionizada. Ambos aditivos químicos (Uréia e Benzoato) foram aspergidos na forragem usando-se pulverizadores manuais de 10 L, da marca Brudden[®], com bico de baixa pressão.

O inoculante bacteriano Ecosyl[®] (ECOSYL Products Limited), contendo cepa da bactéria homolática *Lactobacillus plantarum* foi aplicado no tratamento **LP** na dosagem de 5 g do produto/t MV, diluído em 0,2 L de água deionizada. No tratamento **LB** foi usado um inoculante não comercial contendo bactérias heteroláticas *Lactobacillus buchneri* (cepa NCIMB 40788), fornecido pela Biotal Ltd[®], aplicado na dosagem de 7,3 g/t MV, diluído em 0,9 L de água deionizada.

Os dois inoculantes bacterianos foram aplicados de acordo com a recomendação dos fabricantes, visando-se a adição de 1×10^6 UFC/g de forragem fresca, para o *L. plantarum* e $3,6 \times 10^5$ UFC/g para o *L. buchneri*, aspergidos na forragem usando-se um pulverizador manual de 5 L, da marca Brudden[®], com bico de baixa pressão.

Todos os silos foram preenchidos completamente até cerca de 1 m acima da borda superior, e vedados com lona plástica de dupla face, no mesmo dia do enchimento.

4.2.3.1 Avaliações realizadas nos silos

Após 90 dias de estocagem, os silos foram abertos. No momento da abertura, que antecedeu o início do fornecimento aos animais, uma camada inicial de aproximadamente 80 cm foi retirada de toda a superfície exposta e descartada como material deteriorado. Em seguida, foram retiradas amostras em diferentes alturas, com auxílio de um trado, para determinações dos teores de MS e proteína bruta (PB), consideradas no balanceamento das rações experimentais.

A densidade de massa verde nos silos foi avaliada semanalmente mediante retirada manual de um cubo de 30 cm de arestas, cujo material foi colhido e quantificado. Amostras dessa forragem foram tomadas para determinação de tamanho médio de partículas. Os dados de densidade foram extrapolados para kg MV/m³ de silo.

Da mesma forma, a espessura da camada retirada diariamente do silo foi avaliada por marcações e medições semanais da altura da forragem, em relação a um referencial posicionado na borda superior do silo.

4.2.3.2 Estimativa de perdas fermentativas e de painel

A metodologia usada para se estimar as perdas decorrentes da fermentação e a recuperação de MS (RMS) nos silos tipo poço foi a dos “sacos traçadores de perdas”, onde sacos de tela plástica com malha de aproximadamente 5 mm (sacos de cebola) foram identificados, preenchidos com aproximadamente 9 kg de forragem do devido tratamento, pesados e lacrados. Em cada silo foram distribuídos verticalmente cinco

sacos, um a cada metro a partir do fundo do silo. Os sacos foram acondicionados entre a forragem e procedeu-se a compactação normalmente.

Durante a retirada da silagem, ao longo do experimento, os sacos foram recuperados, limpos externamente e novamente tiveram sua massa quantificada.

A amostragem da forragem contida nos sacos, para determinação de MS, foi realizada durante a ensilagem e após a recuperação dos mesmos. As recuperações de MS foram estimadas de acordo com a equação 5:

$$RMSs = 100 - \frac{[(MFSe * MSSe) - (MFSr * MSSr) \times 100]}{(MFSe * MSSe)} \quad (5)$$

onde,

RMSs = Recuperação de matéria seca no saco (%);

MFSe = Massa de forragem fresca no saco na ensilagem (kg);

MSSe = Teor de matéria seca da forragem na ensilagem (%);

MFSr = Massa de forragem fresca no saco recuperado (kg);

MSSe = Teor de matéria seca da forragem no saco recuperado (%).

A perda de painel foi computada pela pesagem diária de todo o material considerado deteriorado, durante a retirada da silagem para alimentar os animais, com base em avaliação sensorial. Essa perda de painel foi expressa como percentagem do total de silagem retirada do silo.

4.2.4 Animais utilizados e rações experimentais

Foram utilizados cinco bovinos machos castrados da raça Nelore, com peso médio inicial de 527 ± 53 kg, portadores de cânula ruminal devidamente adaptada.

Os animais foram alojados em gaiolas metabólicas individuais do tipo *tie-stall*, com 1,05 m de largura e 2,10 m de comprimento, providas de bebedouro automático, comedouro, piso emborrachado e canaleta com caixa coletora de fezes. Ao início de cada período experimental e ao final do experimento os animais foram pesados. Ainda, receberam suplementação com injeção subcutânea de complexo vitamínico ADE no início do primeiro e quarto período, de acordo com recomendação do fabricante.

As rações experimentais foram formuladas com base na composição em matéria seca, usando-se as exigências dos animais segundo o NRC Gado de Corte (1996), para conter 65% de NDT e 12,5% de PB, visando manutenção de peso ou ganhos marginais nos animais.

Tabela 20 - Composição das rações experimentais a base de silagem de cana-de-açúcar

Tratamentos ^a	Inclusão (% da MS)				
	Silagem	Milheto	Farelo de soja	Uréia	Sal mineralizado
Controle	65,10	23,96	7,81	1,04	2,08
Uréia	65,38	24,58	7,85	0,10	2,09
Benzoato	65,10	23,96	7,81	1,04	2,08
LP	65,10	23,96	7,81	1,04	2,08
LB	65,10	23,96	7,81	1,04	2,08

^a Controle - silagem controle; Uréia - silagem acrescida de uréia (0,5% da MV); Benzoato - silagem acrescida de benzoato de sódio (0,1% da MV); LP - silagem acrescida de bactéria ácido-lática (*L. plantarum* – 1×10^6 UFC/g MV); LB - silagem acrescida de bactéria heterolática (*L. buchneri* – $3,6 \times 10^5$ UFC/g MV).

A ração concentrada utilizada para todos os tratamentos foi a mesma, com exceção do tratamento Uréia, cuja ração continha menor inclusão de uréia, em virtude do N residual avaliado nessa silagem. A composição de ingredientes das rações experimentais está apresentada na tabela 20. A mistura dos ingredientes concentrados foi realizada na fábrica de ração do Departamento de Zootecnia da USP/ESALQ, usando-se o milho grão finamente moído e farelo de soja com 46% de PB.

No momento do fornecimento das rações, os volumosos e os concentrados foram pesados e homogeneizados para cada animal individualmente. Os animais receberam as rações experimentais em mistura total, contendo 65,1% de volumoso na MS, duas vezes ao dia (08:00 e 18:00 horas), na proporção de 60:40 do total diário, respectivamente, em quantidade suficiente para permitir cerca de 10% de sobras. Esses procedimentos foram adotados mediante avaliação prévia do comportamento ingestivo dos animais no período de adaptação.

A quantidade de ração fornecida diariamente, bem como as sobras, foi quantificada durante o período de avaliação, para posterior cálculo de consumo.

A composição da ração efetivamente consumida foi determinada descontando-se o teor proporcional de nutrientes presente nas sobras, da composição de nutrientes na ração fornecida.

4.2.5 Amostragem das forragens na ensilagem

Durante a ensilagem foram colhidas várias amostras da forragem de cada tratamento, ao longo do dia, que foram acondicionadas em sacos plásticos e mantidas sob refrigeração. Dessas fez-se uma amostra composta, da qual retirou-se três sub-amostras. A primeira foi acondicionada em saco de papel com a tara registrada previamente, e levada à estufa de ventilação forçada a 55 °C, por 72 horas. Uma segunda amostra foi acondicionada em saco plástico identificado e mantida congelada a -20 °C para confecção de extrato aquoso. A terceira amostra foi acondicionada em saco plástico e congelada, para posterior determinação do tamanho médio de partículas.

A composição químico-bromatológica e física da cana-de-açúcar usada na ensilagem está apresentada na tabela 21.

Tabela 21 - Composição químico-bromatológica e física da cana-de-açúcar fresca, exclusiva ou adicionada dos aditivos

Variáveis ²	Tratamentos ¹					Média
	Controle	Uréia	Benzoato	LP	LB	
MS, %	29,3	29,9	29,7	31,3	31,5	30,3
Cinzas, % MS	8,1	7,93	8,55	7,56	7,94	8,02
FDN, % MS	55,5	54,5	53,6	55,1	54,1	54,6
FDA, % MS	37,4	36,6	36,3	36,8	36,3	36,7
Hemicelulose, % MS	18,2	17,7	17,3	17,9	18,3	18,1
PB, % MS	3,43	8,72	3,28	3,32	3,34	4,42
DVIVMS, % MS	51,3	52	51,8	51,9	52,3	51,9
DVIVMO, % MS	53,2	54,5	53,1	53,6	54,6	53,8
CHOs, % MS	11,65	9,1	9,65	11,25	10,85	10,5
EtOH, % MS	0,21	0,13	0,18	0,20	0,13	0,17
pH	5,95	5,83	5,89	5,78	5,81	5,85
Brix, °brix	21,2	20,7	20,5	21,7	19,4	20,7
TMP, cm	1,32	1,36	1,21	1,48	1,60	1,39

¹ Controle - silagem controle; Uréia - silagem acrescida de uréia (0,5% da MV); Benzoato - silagem acrescida de benzoato de sódio (0,1% da MV); LP - silagem acrescida de bactéria ácido-lática (*L. plantarum* – 1×10^6 UFC/g MV); LB - silagem acrescida de bactéria heterolática (*L. buchneri* – $3,6 \times 10^5$ UFC/g MV).

² CHOs - carboidratos solúveis; EtOH – etanol; TMP – tamanho médio de partículas (cm).

4.2.6 Colheita de dados e amostragens nos períodos de avaliação

Durante os sete dias de colheita de amostras de cada período experimental, procedeu-se uma rotina pré-estabelecida de avaliações, colheita de dados e amostragens, conforme descritas a seguir.

4.2.6.1 Amostragens de silagens, concentrados, rações totais e sobras

Diariamente, pela manhã, foi retirada diretamente do silo uma amostra de aproximadamente 300 g da massa de silagem a ser fornecida aos animais. Da mesma

forma, uma amostra da ração em mistura total foi retirada do cocho, após a mistura manual dos ingredientes. As sobras de cocho foram amostradas em 20% do resíduo total diário.

Essas amostras foram colhidas em sacos plásticos e mantidas congeladas em câmara fria a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, até o fim do respectivo período experimental.

Os concentrados foram amostrados em aproximadamente 50 g por dia, e armazenados em sacos plásticos identificados e vedados.

Ao fim de cada período experimental, cada grupo de amostra, individualmente para cada tratamento, foi homogeneizado, retirando-se uma sub-amostra destinada à secagem em estufa de ventilação forçada a $55\text{ }^{\circ}\text{C}$. Das amostras compostas de silagem foi retirada uma segunda sub-amostra, que foi mantida congelada a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ para confecção de extrato aquoso.

4.2.6.2 Colheita total de fezes e digestibilidade aparente

A colheita total de fezes para determinação da digestibilidade aparente de nutrientes foi realizada a partir do segundo dia do período de avaliação, durante 48 horas, com avaliações a cada 4 horas.

As fezes, recolhidas nas caixas coletoras, foram pesadas e amostradas em 20% do total excretado. Essas amostras foram armazenadas em baldes plásticos providos de tampa e mantidas em câmara fria a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Ao fim de cada período de avaliação, as amostras foram homogeneizadas e retirou-se uma sub-amostra por tratamento, de aproximadamente 500 g, que foi colocada em bandeja de alumínio e levada a estufa de ventilação forçada a $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ para secagem.

O cálculo da digestibilidade aparente de nutrientes da ração fornecida aos animais foi realizado conforme a equação 6 (Rymer, 2000):

$$Dap = \frac{[(MSof * TNof) - (MSsb * TNsb)] - (MSfz * TNfz)}{[(MSof * TNof) - (MSsb * TNsb)]} \times 100 \quad (6)$$

onde,

Dap = Digestibilidade aparente do nutriente (%);

MSof = Quantidade de matéria seca oferecida (kg);

TNof = Teor do nutriente na MS oferecida (%);

MSsb = Quantidade de matéria seca das sobras (kg);

TNsb = Teor do nutriente na MS das sobras (%);

MSfz = Quantidade de matéria seca fecal (kg);

TNfz = Teor do nutriente na MS fecal (%).

4.2.6.3 Parâmetros ruminais

A partir do segundo dia do período de avaliação, amostras do líquido ruminal (aproximadamente 100 mL) foram tomadas em diferentes tempos. A primeira amostragem ocorreu imediatamente antes da oferta de alimento matinal (08:00 horas), e as amostras subseqüentes foram colhidas a cada quatro horas durante 48 horas, intercalando-se os tempos após as primeiras 24 horas para permitir obtenção dos tempos estabelecidos de 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 e 22 horas após o fornecimento da ração do período da manhã.

Para coleta do líquido ruminal, foram tomadas amostras da digesta em vários pontos do rúmen. A digesta foi filtrada sob pressão manual em três camadas de tecido de algodão, coletando-se o líquido em béquer de vidro identificado por tratamento. A parte sólida foi devolvida ao rúmen. O líquido foi homogeneizado e seu valor de pH foi imediatamente mensurado através da leitura em potenciômetro digital DIGIMED®-DMPH2. Do líquido recolhido, para cada tratamento, em cada tempo, foram tomadas duas alíquotas de 50 mL, que foram mantidas congeladas a -20 °C em recipientes plásticos identificados e com tampa, para posteriores análises de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e ácidos graxos voláteis (AGV).

4.2.6.4 Determinação da degradabilidade *in situ*

A degradação ruminal da MS, matéria orgânica (MO) e fração fibrosa (FDN e FDA) das silagens de cana-de-açúcar foi avaliada usando-se sacos de nylon com porosidade de 50 micra, medindo 6,5 x 13,0 cm de área útil (NOCEK, 1988), inseridos no rúmen em duplicata, para cada tratamento e horário de incubação, segundo metodologia descrita por Huntington e Givens (1995).

Durante cada período de adaptação foram colhidas amostras das silagens de cada tratamento, usadas para incubação nos sacos de nylon. As silagens foram secas em estufa de ventilação forçada a 55 °C, por 72 horas, e moídas em seguida contra peneira de 2 mm, em moinho do tipo Wiley. Dessa forragem moída foi tirada uma nova alíquota para determinação da MS a 105 °C, por oito horas.

Os sacos de nylon tiveram seu peso vazio anotado e foram cheios com 6 g de MS (corrigida a 105°C) de silagem, resultando na proporção de 35 mg de MS por centímetro quadrado de tecido. As pesagens foram realizadas em balança de precisão, com quatro casas decimais. Após devidamente lacrados, os sacos foram presos por uma argola a um mosquetão, e esse preso a uma corrente imersa no conteúdo ruminal e ancorada à cânula.

Foram adotados sete tempos de incubação: 0, 6, 12, 24, 48, 72 e 96 horas. A incubação foi realizada em ordem cronológica inversa, com finalidade de retirar todos os sacos ao mesmo tempo, com exceção dos sacos do tempo zero, que não chegaram a ser incubados, mas foram lavados juntamente aos demais.

No momento da retirada, os sacos sem as argolas foram lavados em água corrente por aproximadamente duas horas, até que a água não apresentasse sinais de resíduos de fluido ruminal. O excesso de água nos sacos foi retirado por leve pressão manual e esses foram levados à estufa de ventilação forçada a 60 °C por 72 horas, até secagem completa.

Os sacos secos foram novamente pesados e o resíduo quantificado para posterior cálculo da taxa de desaparecimento. Os resíduos das duplicatas de cada tempo de incubação, para cada tratamento e período foram agrupados, formando uma amostra composta que foi moída contra peneira de 1 mm, em moinho tipo Wiley.

Após as determinações químico-bromatológicas das frações MS, MO, FDN e FDA por análise convencional (item 4.2.7.1), os dados das amostras incubadas *in situ* foram processadas usando-se o programa FitCurve6 para Windows® XP, desenvolvido pela Rowett Research Institute, Bucksburn, Aberdeen, Escócia (<http://www.macaulay.ac.uk/IFRU/software>).

O programa oferece os parâmetros do modelo de degradabilidade ruminal descritos por Ørskov e McDonald (1979) de forma automatizada em uma planilha Microsoft Office Excel®. A degradabilidade potencial é dada pela soma das frações “a” e “b”, como sendo a quantidade de material que pode ser perdido por solubilização ou degradação, se o tempo de incubação for infinito, ou seja, desconsiderando-se a taxa de passagem efetiva do material que deixa o rúmen.

As degradabilidades potenciais (DP) *in situ* de MS, MO, FDN e FDA foram calculadas segundo a equação 7:

$$DP = a + b (1 - e^{-ct}) \quad (7)$$

onde,

DP = degradabilidade potencial estimada (%);

a = interseção da curva no tempo zero, podendo ser interpretada como fração rapidamente solúvel (% do original);

b = fração insolúvel em água, mas potencialmente degradável (% do original);

c = taxa de degradação constante da fração “b” por hora (%/hora);

e = logaritmo natural;

t = tempo de incubação (horas);

a + b = potencial de degradabilidade.

A degradabilidade efetiva (DE) foi calculada segundo Ørskov e McDonald (1979), conforme equação 8:

$$DE = a + ((b \times c) / (c + kp)) \quad (8)$$

onde,

DE = degradabilidade efetiva (%);

a = interseção da curva no tempo zero, podendo ser interpretada como fração rapidamente solúvel (% do original);

b = fração insolúvel em água, mas potencialmente degradável (% do original);

c = taxa de degradação da fração b por hora (%/hora);

kp = taxa de passagem da fase sólida (%/hora).

Em virtude da não mensuração da taxa de passagem da fase sólida nesse experimento, os valores de degradabilidade efetiva foram estimados pelo programa FitCurve6, para as taxas de passagem sugeridas de 2, 5, e 8%/hora.

Na análise dos dados, dois valores da fração “a” para FDN e outros dois para FDA foram estimados como valores negativos. Como não existe fração “a” negativa, a hipótese mais provável é que o alto coeficiente de variação da média, associado ao mínimo conteúdo de fração “a” na parede celular dessas forragens, tenha levado o programa FitCurve a estimar valores próximos da nulidade. Nos quatro casos, o procedimento adotado foi de substituir esses valores negativos por zero, visando minimizar os erros.

4.2.6.5 Comportamento ingestivo

No primeiro dia de cada período de avaliação foi realizada observação do comportamento ingestivo dos animais, por 24 horas. As observações tiveram início imediatamente após o fornecimento da alimentação da manhã (08:00 horas).

Os parâmetros avaliados em intervalos fixos de cinco minutos foram: ingestão de alimento, ingestão de água, ruminação ou ócio (MAEKAWA; BEAUCHEMIN; CHRISTENSEN, 2002).

Durante o período da noite as luzes foram mantidas apagadas e as observações foram realizadas mediante iluminação indireta com lanterna, com o feixe luminoso

incidindo por trás do animal. O restante das atividades de fornecimento de alimentos e limpeza das instalações foram realizadas normalmente durante o dia.

Os cálculos das atividades comportamentais foram efetuados em minutos por dia, assumindo que nos cinco minutos seguintes a cada observação o animal permaneceu na mesma atividade. O tempo total de mastigação foi determinado somando-se o tempo de ingestão de alimento com o tempo de ruminação (MAEKAWA; BEAUCHEMIN; CHRISTENSEN, 2002; KONONOFF; HEIRINCHS; LEHMAN, 2003).

Usando-se os dados de ingestão (kg de MS e kg de FDN) verificados no dia da realização de cada avaliação de comportamento, para cada animal, foram calculados os respectivos tempos relativos de ingestão, ruminação e mastigação (minutos por kg de MS ou FDN).

4.2.7 Análises químico-bromatológicas e físicas

4.2.7.1 Rações totais, silagens, concentrados e sobras

As amostras compostas de rações totais, silagens, concentrados e sobras, após serem secas em estufa (SILVA, 1981), foram moídas contra peneira de 1 mm em moinho tipo Wiley, e armazenadas em sacos plásticos para determinações químico-bromatológicas. As análises convencionais realizadas foram MS e cinzas (AOAC, 1990). O teor de PB foi obtido mediante combustão das amostras segundo método Dumas, usando-se um auto-analisador de nitrogênio marca LECO[®], modelo FP-528 (WILES; GRAY; KISSLING, 1998).

Os teores de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) foram obtidos através do método seqüencial usando-se ANKOM Fiber Analyzer (ANKOM[®] Technology Corp.), descrito por Holden (1999). O teor de hemicelulose foi calculado como a diferença entre os teores observados de FDN e FDA.

Com exceção das sobras, as demais amostras também foram submetidas à avaliação da digestibilidade verdadeira *in vitro* da MS (DVIVMS) e da matéria orgânica

(DVIVMO) em tubos, segundo método descrito por Tilley e Terry (1963) modificado por Goering e Van Soest (1970).

As amostras de silagem mantidas congeladas com umidade original foram usadas para obtenção de extrato aquoso (KUNG Jr. et al., 1984), usando-se uma alíquota de 25 g de silagem, que foi processada em liquidificador industrial com 225 mL de água deionizada, por um minuto. O valor de pH foi medido e o extrato foi filtrado em papel de filtro Whatman[®] 54, centrifugado, pipetado e armazenado em tubos tipo Eppendorf de 1,5 mL, mantidos em congelador a -20 °C.

Esses extratos foram usados para determinação de carboidratos solúveis por espectrofotometria com leitura em 490 nm (DUBOIS et al., 1956); nitrogênio amoniacal por espectrofotometria com leitura em 550 nm (CHANEY e MARBACH, 1962); ácido láctico por espectrofotometria com leitura em 565 nm (Adaptado de PRYCE, 1969) usando um espectrofotômetro JENWAY-6405 UV/VIS[®].

Ácidos graxos voláteis (AGV) no extrato (ácidos acético, propiônico e butírico) foram determinados em cromatógrafo líquido-gasoso (PALMIQUIST; CONRAD, 1971), CLG (Hewlett Packard[®] 5890 series II), equipado com braço mecânico HP Integrator 3396 série II (Hewlett Packard Company[®]). O gás de arraste e os comburentes foram nitrogênio, hidrogênio e oxigênio, respectivamente, nas vazões de 20, 30 e 400 mL/min. As temperaturas do injetor, do detector e da coluna foram de 150, 190 e 115 °C, respectivamente.

Na determinação usou-se 800 µL de extrato da silagem acondicionado em frasco apropriado, juntamente com 200 µL de ácido fórmico e 100 µL de padrão interno. Esse padrão foi preparado com uma solução de ácido 2-etilbutírico, tomando-se 1,1615 mL deste e diluindo-o em 10 mL de etanol e água deionizada. A cada 10 frascos de amostras lidas, um frasco de padrão externo com concentrações conhecidas de ácidos de interesse foi introduzido, sendo que a diferença entre as concentrações conhecidas desses ácidos e suas leituras gerou um fator de correção aplicado às outras amostras.

O teor de etanol foi medido usando-se um analisador bioquímico YSI 2700 Select[®], provido de membrana com enzima imobilizada, apropriada para essa determinação. Após calibrado com soluções padronizadas de etanol (2 g/L), o aparelho forneceu leitura direta da concentração em g/L.

4.2.7.2 Fezes

Após secas em estufa (SILVA, 1981), as amostras de fezes foram moídas a 1 mm e usadas para determinação de MS, MM, FDN e FDA, conforme metodologia descrita no ítem 4.2.7.1.

4.2.7.3 Flúido ruminal

Após o descongelamento de um dos recipientes contendo amostra de flúido ruminal (ítem 4.2.6.3), cerca de 12 mL deste foram colocados em tubos e centrifugados a 12000 x g, a 4 °C durante 20 minutos. Na fração sobrenadante determinou-se N-NH₃, seguindo o método colorimétrico proposto por Chaney e Marbach (1962), sendo as leituras realizadas em espectrofotômetro JENWAY-6405 UV/VIS®, a 550 nm.

A determinação dos AGV (ácidos acético, propiônico, butírico, isobutírico, valérico e isovalérico) foi realizada a partir do flúido do outro recipiente, igualmente descongelado e centrifugado. Tomou-se 800 µL do sobrenadante, o qual foi colocado em frasco para leitura juntamente com 200 µL de ácido metafosfórico e 100 µL de padrão interno e mantido congelado. No momento da realização da análise, os frascos foram descongelados em temperatura ambiente e as leituras realizadas em cromatógrafo líquido-gasoso, CLG, conforme ítem 4.2.7.1. Considerou-se como *pool* de AGV a soma das concentrações de ácidos acético, propiônico, butírico, isobutírico, valérico e isovalérico.

4.2.7.4 Tamanho médio de partículas

O tamanho médio de partículas (TMP) na forragem usada para ensilagem, bem como nas silagens, foi calculado com base na metodologia da estratificação em peneiras conforme descrito pelo método *Penn State Particle Size Separator* (LAMMERS; BUCKMASTER; HEINRICH, 1996) e adaptado (MARI e NUSSIO, 2002). O método adaptado consiste de três peneiras, com diâmetros de 38; 18,9 e 7,8 mm e uma caixa de fundo. A amostra é estratificada através de agitações

sistematizadas e o TMP é determinado mediante cálculo ponderal da massa retida e do tamanho médio das partículas em cada peneira. Para isso, o comprimento médio das partículas retidas na peneira superior e no fundo, em centímetros, foram determinados.

4.2.8 Análise estatística

A Análise estatística foi realizada para um delineamento experimental em quadrados latinos 5 x 5, com efeitos balanceados de animais e períodos. Os dados foram analisados usando-se o programa estatístico SAS[®], versão 6.12 para Windows[®] (SAS, 1996).

Para comparação das médias de consumo, digestibilidade, degradação ruminal e comportamento ingestivo foi usado o teste de Tukey-Kramer, mediante procedimento PROC MIXED do SAS, considerando-se que os efeitos de período e animais são aleatórios, o que compõe um modelo misto. Da mesma forma, composição químico-bromatológica das silagens, parâmetros ruminais como pH, amônia e AGV tiveram suas médias comparadas pelo PROC MIXED, como avaliações repetidas no tempo.

As médias de composição químico bromatológica de ração fornecida e ração consumida, bem como variáveis de perdas no silo, foram comparadas mediante teste Tukey, pelo PROC GLM do SAS.

4.3 Resultados

Neste item Resultados são apresentados os dados médios tabelados das variáveis avaliadas, acompanhados de breve descrição dos principais efeitos observados. O posicionamento dos dados, comparações e discussões estão apresentados no item “Discussão” (3.4).

4.3.1 Composição químico-bromatológica das silagens e das rações experimentais

4.3.1.1 Silagens

A composição média de nutrientes e produtos da fermentação avaliados nas amostras das silagens de cana-de-açúcar pode ser observada na tabela 22.

Tabela 22 - Composição químico-bromatológica das silagens de cana-de-açúcar

Variáveis ²	Tratamentos ¹					Média	EPM
	Controle	Uréia	Benzoato	LP	LB		
MS, %	30,9 ^a	29,7 ^b	30,0 ^{ab}	30,1 ^{ab}	30,3 ^{ab}	30,2	0,25
Cinzas, % MS	7,36	6,95	7,12	7,14	7,24	7,16	0,20
FDN, % MS	66,0 ^{ab}	61,5 ^c	63,0 ^{bc}	67,9 ^a	66,1 ^{ab}	64,9	0,94
FDA, % MS	42,8 ^{ab}	39,4 ^c	40,9 ^{bc}	44,2 ^a	42,9 ^{ab}	42,0	0,61
Hemicelulose, % MS	23,1	22,1	22,1	23,7	23,2	22,8	0,42
PB, % MS	3,60 ^b	7,61 ^a	3,70 ^b	3,21 ^b	3,26 ^b	4,28	0,17
DVIVMS, % MS	41,9 ^{ab}	45,6 ^a	45,4 ^a	41,1 ^b	41,4 ^{ab}	43,1	0,98
DVIVMO, % MS	42,6 ^{ab}	46,1 ^a	45,9 ^a	41,6 ^b	42,0 ^{ab}	43,6	0,97
CHOs, % MS	3,76 ^b	4,20 ^b	8,25 ^a	4,87 ^b	3,19 ^b	4,85	0,51
pH	3,31 ^c	3,52 ^a	3,58 ^a	3,35 ^{bc}	3,46 ^{ab}	3,44	0,03
EtOH, % MS	0,41	0,17	0,32	0,29	0,33	0,30	0,06
N-NH ₃ , % NT	1,91 ^b	9,61 ^a	1,69 ^b	1,75 ^b	1,82 ^b	3,36	0,95
Ác. láctico, % MS	1,08	0,86	1,32	0,84	0,87	0,99	0,30
Ác. acético, % MS	2,18	1,93	2,16	2,33	2,96	2,31	0,29
Ác. propiônico, % MS	0,23	0,21	0,23	0,17	0,20	0,21	0,02
Ác. butírico, % MS	0,06	0,04	0,05	0,04	0,05	0,05	0,02

¹ Controle - silagem controle; Uréia - silagem acrescida de uréia (0,5% da MV); Benzoato - silagem acrescida de benzoato de sódio (0,1% da MV); LP - silagem acrescida de bactéria ácido-láctica (*L. plantarum* – 1x10⁶ UFC/g MV); LB - silagem acrescida de bactéria heteroláctica (*L. buchneri* – 3,6x10⁵ UFC/g MV).

² CHOs - carboidratos solúveis; EtOH – etanol; N-NH₃ – nitrogênio amoniacal, % do N total. Médias seguidas de letras diferentes, na linha, são estatisticamente diferentes pelo teste ajustado de Tukey-Kramer (P<0,05)

Embora numericamente próximos, os valores do teor de matéria seca das silagens diferiram entre os tratamentos, sendo o valor mais alto verificado para a silagem controle (30,9%). Comparando-se o teor médio de MS dos tratamentos (30,3%) com o teor médio de MS da cana-de-açúcar usada na ensilagem (tabela 21), verifica-se que não houve alteração no valor determinado dessa fração.

O teor médio de cinzas das silagens (7,12% da MS) foi ligeiramente inferior ao teor dessa fração verificado na cana ensilada (8,02%), sem diferença significativa entre os tratamentos.

Os teores de FDN e FDA foram influenciados pelos tratamentos aplicados na ensilagem, sendo os valores mais elevados dessas frações verificados para a silagem aditivada com *L. plantarum* (67,9 e 44,2%). A silagem aditivada com uréia apresentou os menores teores de FDN e FDA (61,5 e 39,4%). Comparando-se a média dos tratamentos, a elevação percentual em relação à cana fresca foi de 18,8 e 14,4%, para as frações FDN e FDA.

Não houve diferença entre os valores de hemicelulose observados nas silagens, sendo o valor médio dos tratamentos (22,8%) cerca de 26% superior ao valor médio verificado na cana-de-açúcar durante a ensilagem (18,1%).

O teor de proteína bruta na silagem de cana aditivada com uréia (7,61%) foi significativamente maior que os demais tratamentos, em função da alta recuperação do nitrogênio aplicado como aditivo. Os demais tratamentos não afetaram o teor desse nutriente nas silagens, e apresentaram valor médio de 3,44%.

Os tratamentos Uréia e Benzoato apresentaram os maiores valores para digestibilidade verdadeira *in vitro* da MS e da MO, sendo estatisticamente semelhantes aos valores dos tratamentos Controle e LB.

A avaliação do teor de carboidratos solúveis (CHOs) nas silagens mostrou que a aplicação de benzoato de sódio foi a mais efetiva em preservar essa fração. Não houve diferença significativa entre os demais tratamentos. Em relação ao teor médio na cana fresca (10,5%), a redução no *pool* de CHOs foi de 21% para o tratamento Benzoato e 62% para a média dos demais tratamentos.

Os valores de pH verificados nas silagens, embora muito próximos, foram superiores para os tratamentos Uréia e Benzoato, em relação aos demais, embora todos estejam dentro da amplitude considerada ideal.

A fração amoniacal (N-NH₃) do nitrogênio total (NT) pode ser considerada baixa para todas as silagens, com exceção do tratamento Uréia, que apresentou valor significativamente maior (9,6% do NT), em função do incremento em nitrogênio decorrente da aditivação com uréia.

O teor de etanol observado nas silagens foi bastante reduzido para todos os tratamentos e sem diferenças significativas entre eles. O valor médio observado foi de 0,30% da MS.

Não foi verificada diferença estatística para o teor de ácidos graxos voláteis (AGV) nas silagens. O valor médio de tratamentos para ácido láctico foi de 0,99% da MS. O ácido acético apresentou valor médio de 2,31% da MS. Os teores de ácido propiônico verificados nesse ensaio podem ser considerados baixos (0,21% MS), e de ácido butírico praticamente insignificantes (0,05% MS). Ácidos isobutírico, valérico e isovalérico não foram detectados nas amostras de silagem colhidas.

4.3.1.2 Rações experimentais

As tabelas 23 e 24 apresentam, respectivamente, a composição químico-bromatológica das rações experimentais fornecidas e das rações efetivamente consumidas pelos animais.

A composição bromatológica das rações experimentais, conforme era pretendido, não variou em função dos tratamentos, com exceção da fração FDA, e da digestibilidade *in vitro*, que possivelmente foram influenciadas por diferenças na composição das silagens utilizadas.

O teor mais alto de FDA na silagem do tratamento LP acarretou teor mais elevado dessa fração na ração completa desse tratamento (32,5%). Por outro lado, o tratamento Uréia apresentou menor teor de FDA (28,6%) na ração. A fração FDN apresentou comportamento semelhante, porém sem diferenças estatísticas entre os tratamentos.

Comportamento diferenciado foi verificado para as variáveis DVIVMS e DVIVMO, uma vez que, nas silagens, os tratamentos Uréia e Benzoato apresentaram os maiores valores de digestibilidade *in vitro*, e o tratamento LP apresentou os menores valores. Já nas rações completas, o maior valor foi verificado para o tratamento Benzoato e o menor para o tratamento LB.

Tabela 23 - Composição químico-bromatológica das rações experimentais fornecidas aos animais

Variáveis	Tratamentos ¹					Média	EPM
	Controle	Uréia	Benzoato	LP	LB		
MS, %	37,1	36,7	39,7	39,1	39,1	38,3	0,69
Cinzas, % MS	7,36	6,95	7,12	7,14	7,24	7,16	0,20
FDN, % MS	53,8	50,2	51,0	54,8	53,7	52,7	1,18
FDA, % MS	31,6 ^{ab}	28,6 ^b	29,4 ^{ab}	32,5 ^a	31,6 ^{ab}	30,7	0,87
PB, % MS	10,9	11,8	10,8	10,7	10,8	11,0	0,32
DVIVMS, % MS	52,9 ^{ab}	55,8 ^{ab}	57,7 ^a	53,2 ^{ab}	51,8 ^b	54,3	1,17
DVIVMO, % MS	54,0 ^{ab}	56,9 ^{ab}	58,7 ^a	54,1 ^{ab}	52,9 ^b	55,3	1,17

¹ Controle - silagem controle; Uréia - silagem acrescida de uréia (0,5% da MV); Benzoato - silagem acrescida de benzoato de sódio (0,1% da MV); LP - silagem acrescida de bactéria ácido-lática (*L. plantarum* – 1×10^6 UFC/g MV); LB - silagem acrescida de bactéria heterolática (*L. buchneri* – $3,6 \times 10^5$ UFC/g MV).

Médias seguidas de letras diferentes, na linha, são estatisticamente diferentes pelo teste Tukey (P<0,05).

Quando avaliada a composição das rações efetivamente consumidas (tabela 24), descontando-se proporcionalmente a composição das sobras das rações fornecidas, verifica-se que não houve grande diferença entre as variáveis avaliadas.

Comparando-se a média dos tratamentos, houve redução de apenas uma unidade percentual no teor de FDN (de 52,7 para 51,7%) e elevação de 0,3 unidades percentuais no teor de PB, nas rações efetivamente consumidas (de 11,0 para 11,3%).

Tabela 24 - Composição químico-bromatológica das rações experimentais efetivamente consumidas pelos animais

Variáveis	Tratamentos ¹					Média	EPM
	Controle	Uréia	Benzoato	LP	LB		
MS, %	37,2	36,6	39,6	39,2	39,2	38,4	0,73
Cinzas, % MS	7,41	6,94	7,12	7,14	7,27	7,18	0,20
FDN, % MS	53,0	49,3	50,1	53,8	52,8	51,8	1,27
FDA, % MS	30,9	28,0	28,7	31,7	30,7	30,0	0,94
PB, % MS	11,2	12,0	11,1	11,1	11,2	11,3	0,37

¹ Controle - silagem controle; Uréia - silagem acrescida de uréia (0,5% da MV); Benzoato - silagem acrescida de benzoato de sódio (0,1% da MV); LP - silagem acrescida de bactéria ácido-lática (*L. plantarum* – 1×10^6 UFC/g MV); LB - silagem acrescida de bactéria heterolática (*L. buchneri* – $3,6 \times 10^5$ UFC/g MV).

Médias seguidas de letras diferentes, na linha, são estatisticamente diferentes pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

4.3.2 Composição física, densidade e perdas nos silos.

Os valores relativos ao tamanho médio de partículas, densidade, perdas na retirada e recuperação de MS nos sacos traçadores de perdas estão apresentados na tabela 25.

O tamanho médio de partículas avaliado nas silagens não diferiu entre tratamentos (média de 1,36 cm) e foi bastante semelhante ao valor observado na cana-de-açúcar fresca (1,39 cm).

A densidade (kg/m^3) avaliada nos silos experimentais, tanto em MV quanto em MS, apresentou um gradiente significativo entre tratamentos. Os maiores valores de densidade de MV foram verificados nos tratamentos Controle e Uréia (499 e 483 kg MV/m^3) e o menor no tratamento LB (414 kg/m^3). Para densidade de MS, os maiores valores foram obtidos para os tratamentos Controle e Benzoato (157 e 156 kg MV/m^3) e o menor para o tratamento LB (139 kg/m^3).

Tabela 25 - Tamanho médio de partículas, densidade, camada e perdas na retirada e recuperação de MS de silagens de cana-de-açúcar armazenadas em silos tipo poço

Variáveis ²	Tratamentos ¹					Média	EPM
	Controle	Uréia	Benzoato	LP	LB		
TMP, cm	1,34	1,47	1,35	1,37	1,26	1,36	0,07
Densidade, kg MV/m ³	499 ^a	483 ^a	476 ^{ab}	448 ^{ab}	414 ^b	464	14,7
Densidade, kg MS/m ³	157 ^a	147 ^{ab}	156 ^a	147 ^{ab}	139 ^b	149	4,92
Retirada diária, cm/dia	9,3	9,7	10,2	9,7	10,3	9,84	0,23
Perdas painel, % total	16,9 ^b	23,6 ^a	23,3 ^a	17,5 ^{ab}	18,7 ^{ab}	20,0	1,08
Recuperação MS, %	84,1 ^b	84,3 ^{ab}	86,8 ^{ab}	84,3 ^{ab}	88,0 ^a	85,5	2,96

¹ Controle - silagem controle; Uréia - silagem acrescida de uréia (0,5% da MV); Benzoato - silagem acrescida de benzoato de sódio (0,1% da MV); LP - silagem acrescida de bactéria ácido-lática (*L. plantarum* – 1x10⁶ UFC/g MV); LB - silagem acrescida de bactéria heterolática (*L. buchneri* – 3,6x10⁵ UFC/g MV).

² TMP – tamanho médio de partículas (cm); Recuperação de MS – estimada com base na recuperação dos sacos traçadores.

Médias seguidas de letras diferentes, na linha, são estatisticamente diferentes pelo teste Tukey (P<0,05).

Não houve diferença entre tratamentos para a espessura da camada horizontal retirada diariamente do silo poço, que apresentou valor médio de 9,8 cm/dia. Embora a quantidade de silagem consumida diariamente pelos animais do experimento fosse pequena, uma quantidade maior de silagem era retirada e utilizada na alimentação de outros animais, buscando-se manter a espessura de retirada diária de aproximadamente 10 cm, valor esse considerado como adequado para minimização de perdas e utilização de todo silo ao longo do experimento.

As perdas de retirada de material deteriorado com, base na avaliação sensorial no painel do silo, apresentaram efeito de tratamentos, sendo mais elevadas nas silagens aditivadas com uréia (23,6%) ou benzoato de sódio (23,3%). As menores perdas de retirada foram observadas no tratamento controle (16,9%). A recuperação de MS, avaliada pela técnica de sacos traçadores, mostrou comportamento diferente ao observado nas perdas de painel.

4.3.3 Consumo e digestibilidade aparente no trato digestivo

Os dados referentes ao consumo e digestibilidade de nutrientes das rações experimentais, avaliados por coleta total de fezes em bovinos estão apresentados na tabela 26.

Não foi verificada diferença significativa para as variáveis de consumo de MS, tanto em kg/dia quanto em porcentagem do peso vivo (PV). O consumo médio de MS verificado foi de 7,19 kg/dia, ou 1,33% PV. Da mesma forma, os tratamentos aplicados à forragem não afetaram o consumo de FDN, que apresentou valor médio de 3,79 kg/dia, ou 0,70% PV.

Tabela 26 - Consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes de rações contendo silagens de cana-de-açúcar, obtidos por coleta total de fezes em bovinos

Variáveis	Tratamentos ¹					Média	EPM
	Controle	Uréia	Benzoato	LP	LB		
Consumo							
MS, kg/dia	6,90	7,42	7,74	6,89	7,03	7,20	0,53
MS digestível, kg/dia	4,36	4,76	4,85	4,48	4,38	4,57	0,31
MS, % do peso vivo	1,29	1,37	1,43	1,26	1,29	1,33	0,07
FDN, kg/dia	3,72	3,74	3,94	3,78	3,79	3,79	0,31
FDN, % do peso vivo	0,69	0,69	0,73	0,69	0,69	0,70	0,04
Digest. aparente, %							
MS	63,4	64,3	62,8	64,9	62,5	63,6	1,08
MO	65,7	66,3	63,9	66,8	65,5	65,6	1,40
FDN	52,7 ^{ab}	50,3 ^{ab}	46,9 ^b	55,2 ^a	50,7 ^{ab}	51,2	1,88
FDA	48,1 ^{ab}	44,3 ^{ab}	40,4 ^b	52,2 ^a	46,1 ^{ab}	46,2	2,22

¹ Controle - silagem controle; Uréia - silagem acrescida de uréia (0,5% da MV); Benzoato - silagem acrescida de benzoato de sódio (0,1% da MV); LP - silagem acrescida de bactéria ácido-lática (*L. plantarum* - 1×10^6 UFC/g MV); LB - silagem acrescida de bactéria heterolática (*L. buchneri* - $3,6 \times 10^5$ UFC/g MV).

Médias seguidas de letras diferentes, na linha, são estatisticamente diferentes pelo teste ajustado de Tukey-Kramer ($P < 0,05$)

A digestibilidade aparente da MS e da MO das rações experimentais, determinada com base na coleta total de fezes, não diferiu entre os tratamentos aplicados na ensilagem da cana-de-açúcar. Os coeficientes de digestibilidade aparente médios foram de 63,6 e 65,6%, para as frações MS e MO, respectivamente.

As frações constituintes da parede celular, FDN e FDA, tiveram o coeficiente de digestibilidade aparente das rações totais influenciado significativamente pelos tratamentos impostos à forragem. Silagens inoculadas com a bactéria *L. plantarum* acarretaram os maiores valores de digestibilidade das rações, para ambas frações avaliadas. A aditivação com benzoato de sódio, por outro lado, proporcionou menores coeficientes de digestibilidade, para as frações FDN e FDA. Os demais tratamentos apresentaram valores intermediários para essas variáveis.

4.3.4 Comportamento ingestivo

Na tabela 27 estão apresentadas as variáveis de comportamento ingestivo de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar.

Não foi verificado efeito significativo ($P > 0,05$) de tratamentos para nenhuma das variáveis avaliadas no ensaio.

Os tempos médios diários de ingestão de ração, ócio, ruminação, mastigação e ingestão de água foram de 230,6; 672,8; 519,6; 750,2 e 17,0 minutos/dia, respectivamente.

Os tempos relativos médios de ingestão de ração, ruminação e mastigação foram de 32,9; 97,9 e 108,4 minutos/kg de MS, e de 62,3; 143,8 e 206,1 minutos/kg de FDN, respectivamente.

Tabela 27 - Comportamento ingestivo de bovinos alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar

Variáveis	Tratamentos ¹					Média	EPM
	Controle	Uréia	Benzoato	LP	LB		
Ingestão, min/dia	227	216	230	250	230	230,6	27,3
min/kg MS	33,1	30,5	36,2	30,4	34,2	32,9	3,29
min/kg FDN	61,3	60,8	59,8	66,0	63,5	62,3	5,91
Ruminação, min/dia	534	513	515	516	520	519,6	20,1
min/kg MS	98,1	100,5	93,6	97,2	99,9	97,9	9,01
min/kg FDN	148,0	148,8	136,8	139,8	145,6	143,8	13,0
Mastigação, min/dia	761	729	745	766	750	750,2	35,2
min/kg MS	112,3	104,8	100,1	112,8	112,2	108,4	8,10
min/kg FDN	209,3	209,7	196,6	205,8	209,1	206,1	15,4
Ócio, min/dia	659	694	680	658	673	672,8	35,4
Ingestão água, min/dia	20	17	15	16	17	17,0	3,36

¹ Controle - silagem controle; Uréia - silagem acrescida de uréia (0,5% da MV); Benzoato - silagem acrescida de benzoato de sódio (0,1% da MV); LP - silagem acrescida de bactéria ácido-lática (*L. plantarum* – 1×10^6 UFC/g MV); LB - silagem acrescida de bactéria heterolática (*L. buchneri* – $3,6 \times 10^5$ UFC/g MV).

4.3.5 Parâmetros ruminiais

As variáveis de parâmetros ruminiais avaliadas nos animais experimentais providos de cânula ruminal, em valores médios dos horários de coleta, estão apresentadas na tabela 28. Não foi verificada interação entre tratamento e horário de coleta para nenhuma das variáveis estudadas.

A concentração de ácidos graxos voláteis (AGV) no fluido ruminal dos animais foi significativamente alterada em função das rações fornecidas, com exceção aos ácidos isobutírico (IC4) e valérico (C5), que não diferiram entre tratamentos e apresentaram concentrações molares médias de 1,00 e 1,03 mM.

A concentração molar de ácido acético (C2) foi maior para o tratamento LP (65,0 mM) e menor para o tratamento LB (55,9 mM).

A concentração molar dos ácidos propiônico (C3) e butírico (C4) apresentou comportamento semelhante em função dos tratamentos, com valores mais elevados para as rações contendo silagem de cana-de-açúcar aditivadas com uréia, sendo que os outros tratamentos não diferiram entre si. Entretanto, o tratamento Benzoato acarretou menor concentração ruminal de ácido isovalérico (IC5), em relação aos demais.

Tabela 28 - Médias de ácidos graxos voláteis (AGV), pH e nitrogênio amoniacal observados no fluido ruminal de bovinos alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar

Variáveis ³	Tratamentos ¹					Média	EPM	Efeitos ²		
	Controle	Uréia	Benzoato	LP	LB			1	2	3
AGV (mM)										
C2	63,1 ^{ab}	62,9 ^{ab}	57,8 ^{ab}	65,0 ^a	55,9 ^b	60,9	3,33	*	**	NS
C3	19,1 ^b	21,7 ^a	19,4 ^b	18,4 ^b	17,8 ^b	19,3	0,81	**	**	NS
IC4	1,02	1,06	0,93	1,00	0,98	1,00	0,06	NS	**	NS
C4	10,5 ^b	12,1 ^a	9,68 ^b	9,69 ^b	9,18 ^b	10,2	0,42	**	**	NS
IC5	1,98 ^a	1,89 ^a	1,49 ^b	1,95 ^a	1,88 ^a	1,84	0,09	**	**	NS
C5	1,04	1,11	1,01	0,98	1,02	1,03	0,06	NS	**	NS
C2:C3	3,34 ^b	2,96 ^c	3,02 ^c	3,56 ^a	3,15 ^{ab}	3,21	0,07	*	**	NS
AGV total	96,6 ^{ab}	100,8 ^a	90,3 ^{ab}	97,1 ^{ab}	86,8 ^b	94,3	3,32	**	*	NS
pH	6,80	6,75	6,74	6,77	6,84	6,78	0,04	NS	**	NS
N-NH ₃ (mg/dL)	9,37 ^{ab}	10,3 ^a	8,62 ^{ab}	7,90 ^b	10,3 ^a	9,30	0,65	*	**	NS

¹ Controle - silagem controle; Uréia - silagem acrescida de uréia (0,5% da MV); Benzoato - silagem acrescida de benzoato de sódio (0,1% da MV); LP - silagem acrescida de bactéria ácido-lática (*L. plantarum* - 1x10⁶ ufc/g MV); LB - silagem acrescida de bactéria heterolática (*L. buchneri* - 3,6x10⁵ UFC/g MV).

² Efeitos: 1 = tratamentos; 2 = horário de coleta; 3 = interação tratamento x horário de coleta.

³ C2 = ácido acético; C3 = ácido propiônico; IC4 = ácido isobutírico; C4 = ácido butírico; IC5 = ácido isovalérico; C5 = ácido valérico.

Médias seguidas de letras diferentes, na linha, são estatisticamente diferentes pelo teste ajustado de Tukey-Kramer (P<0,05)

A relação C2:C3 apresentou valor médio de 3,21, sendo o maior valor verificado para o tratamento LP (3,56) e os menores para os tratamentos Uréia e Benzoato (2,96 e 3,02).

Da mesma forma, a concentração total de AGV também foi afetada pelos tratamentos impostos à forragem, sendo a maior concentração molar verificada no fluido dos animais que receberam silagem aditivada com uréia (100,8 mM), e menor nos animais alimentados com silagem aditivada com *L. buchneri* (86,8 mM), sendo que os outros tratamentos apresentaram concentrações intermediárias.

Os valores médios de pH ruminal não foram influenciados pelos tratamentos, apresentando valor médio geral 6,78.

A concentração ruminal de nitrogênio na forma amoniacal foi influenciada pelas rações testadas, com maiores valores para os tratamentos Uréia e LB, e menor valor para o tratamento LP.

Na figura 1 estão representados graficamente o efeito temporal de tratamentos sobre as principais variáveis ruminais avaliadas (pH, nitrogênio amoniacal, ácido acético e ácido propiônico). Os horários representados no eixo das coordenadas dos gráficos indicam a hora do dia em que foram realizadas as coletas de fluido ruminal, lembrando que as rações experimentais eram fornecidas aos animais às 08:00 e 18:00 horas.

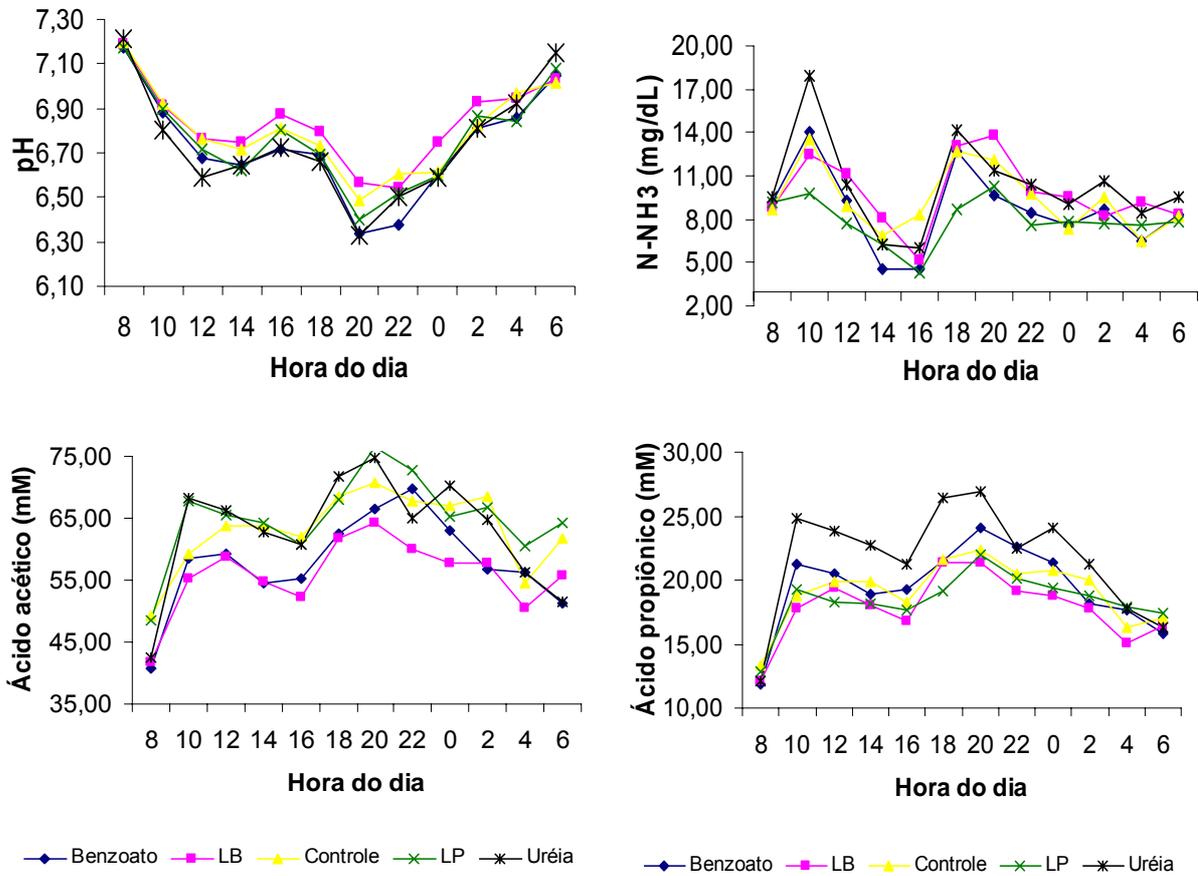


Figura 1 - Efeito das rações experimentais sobre a evolução temporal do pH e concentrações ruminais de nitrogênio amoniacal (N-NH₃), ácido acético e ácido butírico no fluido ruminal de bovinos

Os maiores valores de pH foram observados no período que antecede o fornecimento matinal das rações, com queda imediata após esse evento. Da mesma forma, a queda brusca nos valores de pH pode ser observada após o fornecimento vespertino das rações.

O teor de nitrogênio amoniacal disperso no fluido ruminal apresentou efeito inverso, com menores teores nos momentos anteriores ao fornecimento das rações, e picos imediatamente após o fornecimento.

As curvas de concentração ruminal dos ácidos acético e propiônico apresentaram comportamento semelhante, com rápida elevação à partir da primeira refeição matinal um pico de maior magnitude próximo ao horário de refeição vespertina.

Para ambos ácidos, foram notadas concentrações maiores no tratamento Uréia e mais baixas no tratamento LB, conforme evidenciado estatisticamente na tabela 28.

Na tabela 29 estão apresentadas as médias gerais de concentração ruminal de AGV, nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e pH, em função dos horários de amostragens.

Essa tabela foi elaborada com valores médios de todos os tratamentos, para cada horário de coleta de amostras, em decorrência da não observância de interação entre tratamentos e horários de coleta.

Com exceção dos ácidos isobutírico e isovalérico, que mantiveram pequenas flutuações durante todo o dia, os demais ácidos apresentaram menor concentração na coleta realizada às 08:00 horas, imediatamente antes do fornecimento das rações.

Da mesma forma, o pico máximo de concentração para os ácidos acético, propiônico, butírico e valérico, e a soma de AGV totais, ocorreu às 20:00, após o fornecimento da ração vespertina. A concentração ruminal desses ácidos apresenta declínio nas coletas realizadas durante a madrugada, com valores mínimos às 08:00 horas, conforme mencionado.

A relação acético:propiônico (C2:C3) manteve-se relativamente constante, variando entre 3,04 e 3,60.

Os valores médios de pH ruminal apresentaram-se condizentes com as concentrações de ácidos observadas, sendo o valor mais elevado de pH (7,2) verificado às 08:00, e o valor mais baixo (6,4) verificado às 20:00.

A concentração ruminal de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) apresentou picos logo após o fornecimento das rações, sendo os valores máximos observados de 13,57 e 12,26 mg/dL, para os períodos da manhã e tarde, respectivamente.

Tabela 29 - Evolução temporal média dos tratamentos para os parâmetros ruminais observados em bovinos alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar

Hora ¹	Ácidos Graxos Voláteis (mM)						Relação C2:C3	AGV totais ²	pH	N-NH ₃ (mg/dL)
	Acético	Propiônico	Butírico	Isobutírico	Valérico	Isovalérico				
08:00	44,56	12,40	5,58	1,22	0,57	1,78	3,60	68,74	7,19	9,10
10:00	61,78	20,39	10,47	1,07	1,16	2,12	3,05	100,82	6,88	13,57
12:00	62,67	20,36	11,11	0,97	1,16	1,97	3,11	102,12	6,70	9,50
14:00	60,06	19,55	10,46	0,85	1,09	1,75	3,10	97,46	6,68	6,40
16:00	58,24	18,64	10,18	0,92	0,98	1,73	3,14	94,29	6,79	5,65
18:00	66,50	21,99	11,73	0,93	1,10	1,79	3,07	108,16	6,72	12,26
20:00	70,56	23,34	12,96	0,89	1,29	1,87	3,04	115,30	6,42	11,43
22:00	67,03	20,98	11,66	0,93	1,14	1,80	3,22	107,64	6,51	9,22
00:00	64,71	20,85	11,18	0,96	1,14	1,81	3,12	104,62	6,63	8,31
02:00	62,90	19,18	10,30	1,05	1,03	1,85	3,28	100,13	6,85	8,93
04:00	55,58	16,96	8,75	1,07	0,87	1,77	3,30	88,38	6,91	7,63
06:00	56,92	16,59	8,43	1,11	0,85	1,81	3,47	89,10	7,07	8,46

¹ Horário do dia em que foram realizadas as amostragens

² Soma das concentrações de ácidos acético, propiônico, butírico, isobutírico, valérico e isovalérico.

4.3.6 Degradabilidade ruminal

O cálculo da degradabilidade efetiva *in situ* das frações matéria seca, matéria orgânica, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido foi realizado mediante modelo estabelecido pelo *Fit Curve* (HOVELL, 1995), considerando-se valores de taxa de passagem (kp) de 2, 5 e 8%/hora.

Nas tabelas 30 e 31 estão apresentados as variáveis associadas à degradabilidade *in situ* das frações MS, MO, FDN e FDA das silagens de cana-de-açúcar, incubadas no rúmen de bovinos de corte, mediante cânula ruminal.

A análise dos dados de degradabilidade da MS mostrou efeitos significativos de tratamentos para a teores de fração “a”, degradabilidade potencial e degradabilidade efetiva. O teor de fração solúvel “a” das silagens foi maior para o tratamento Uréia (31,0%) e menor para o tratamento LP (24,9%), sendo que os demais tratamentos apresentaram valores intermediários. A fração “b” não diferiu entre tratamentos, e apresentou valor médio de 28,1%. Da mesma forma, os valores médios verificados para a taxa de degradação “c”, tempo de colonização (*lag time*) e degradabilidade potencial foram de 3,4%/hora, 7,7 horas e 56,2%, respectivamente.

Os valores de degradabilidade efetiva, estimados para três taxas de passagem diferentes, foram maiores para os tratamentos Uréia, Benzoato e LB, e menores para o tratamento LP. Os valores médios de degradabilidade efetiva da MS estimados foram de 46,5; 41,5 e 39,1%, para as taxas de passagem (kp) de 2, 5 e 8%/hora, respectivamente.

As variáveis de degradabilidade *in situ* da matéria orgânica apresentaram comportamento semelhante ao verificado para matéria seca, com maior teor da fração “a” para o tratamento Uréia (31,3%) e menor para o tratamento LP (25,0%). A teor de fração “b” foi significativamente diferente entre tratamentos, com maior valor para o tratamento LP (29,2%) e menor valor para o tratamento LB (25,8%).

Tabela 30 - Variáveis de degradabilidade *in situ* da matéria seca e matéria orgânica de silagens de cana-de-açúcar, em bovinos

Variáveis	Tratamentos ¹					Média	CV (%)
	Controle	Uréia	Benzoato	LP	LB		
Matéria seca							
Fração a (%)	29,2 ^{ab}	31,0 ^a	29,4 ^{ab}	24,9 ^b	29,0 ^{ab}	28,7	8,41
Fração b (%)	27,5	27,3	28,2	30,0	27,3	28,1	5,46
c (%/h)	3,27	3,70	3,64	3,54	3,49	3,53	13,1
Tempo de colonização (h)	7,36	7,08	5,93	5,88	10,7	7,39	83,3
Deg. potencial (%)	56,8 ^{ab}	58,3 ^a	57,6 ^{ab}	54,9 ^b	56,3 ^{ab}	56,8	3,09
Deg. efetiva (%; kp=2%/h)	46,8 ^{ab}	49,2 ^a	48,0 ^a	44,2 ^b	44,3 ^{ab}	46,5	3,87
Deg. efetiva (%; kp=5%/h)	41,2 ^{ab}	43,8 ^a	42,3 ^a	38,1 ^b	42,3 ^a	41,5	5,10
Deg. efetiva (%; kp=8%/h)	38,8 ^{ab}	41,3 ^a	39,7 ^{ab}	35,3 ^b	40,2 ^a	39,1	6,09
Matéria orgânica							
Fração a (%)	29,7 ^{ab}	31,3 ^a	29,1 ^{ab}	25,0 ^b	30,1 ^a	29,0	8,88
Fração b (%)	26,5 ^{ab}	26,6 ^{ab}	27,8 ^{ab}	29,2 ^a	25,8 ^b	27,2	6,37
c (%/h)	3,20	3,60	3,66	3,35	3,24	3,41	15,7
Tempo de colonização (h)	8,16	7,28	6,18	5,93	11,0	7,71	94,7
Deg. potencial (%)	56,2	57,8	57,0	54,3	55,9	56,2	3,30
Deg. efetiva (%; kp=2%/h)	46,4 ^{ab}	48,8 ^a	47,5 ^a	43,7 ^b	47,1 ^{ab}	46,7	4,08
Deg. efetiva (%; kp=5%/h)	41,2 ^{ab}	43,5 ^a	41,9 ^a	37,7 ^b	42,4 ^a	41,3	5,35
Deg. efetiva (%; kp=8%/h)	39,0 ^{ab}	41,2 ^a	39,4 ^{ab}	35,0 ^b	40,4 ^a	39,0	6,31

¹ Controle - silagem controle; Uréia - silagem acrescida de uréia (0,5% da MV); Benzoato - silagem acrescida de benzoato de sódio (0,1% da MV); LP - silagem acrescida de bactéria ácido-lática (*L. plantarum* - 1×10^6 UFC/g MV); LB - silagem acrescida de bactéria heterolática (*L. buchneri* - $3,6 \times 10^5$ UFC/g MV).

Médias seguidas de letras diferentes, na linha, são estatisticamente diferentes pelo teste Tukey (P<0,05).

A taxa de degradação “c”, tempo de colonização, degradabilidade potencial, não diferiram entre tratamentos, com valores médios de 3,41%/h, 7,71 horas e 56,2%, respectivamente.

Tabela 31 - Variáveis de degradabilidade *in situ* da FDN e FDA de silagens de cana-de-açúcar, em bovinos

Variáveis	Tratamentos ¹					Média	CV (%)
	Controle	Uréia	Benzoato	LP	LB		
Fibra em Detergente Neutro							
Fração a (%)	10,9	7,23	6,46	7,34	10,3	8,45	42,5
Fração b (%)	33,8	35,4	35,9	35,2	32,4	34,5	8,54
c (%/h)	2,79	3,20	3,28	3,23	3,37	3,17	15,0
Tempo de colonização (h)	8,12	6,43	6,01	6,94	12,3	7,96	97,5
Deg. potencial (%)	44,7	42,2	42,3	42,4	42,7	42,9	5,83
Deg. efetiva (%; kp=2%/h)	31,0	29,1	29,2	29,3	31,9	30,1	9,81
Deg. efetiva (%; kp=5%/h)	24,3	22,0	21,8	22,1	26,1	23,3	15,2
Deg. efetiva (%; kp=8%/h)	21,5	19,0	18,6	19,0	23,3	20,3	19,2
Fibra em Detergente Ácido							
Fração a (%)	10,6	5,32	3,14	6,76	7,95	6,75	59,5
Fração b (%)	34,9	37,3	38,7	36,5	34,0	36,3	9,00
c (%/h)	2,71	3,21	3,21	3,30	3,31	3,15	13,2
Tempo de colonização (h)	7,74	6,68	5,92	6,10	11,0	7,49	96,7
Deg. potencial (%)	45,5	42,4	41,9	43,2	42,0	43,0	5,78
Deg. efetiva (%; kp=2%/h)	31,0	28,6	27,4	29,8	30,4	29,4	9,53
Deg. efetiva (%; kp=5%/h)	24,0	21,1	19,4	22,3	24,3	22,2	14,6
Deg. efetiva (%; kp=8%/h)	21,2	18,0	15,9	19,0	21,8	19,2	18,5

¹ Controle - silagem controle; Uréia - silagem acrescida de uréia (0,5% da MV); Benzoato - silagem acrescida de benzoato de sódio (0,1% da MV); LP - silagem acrescida de bactéria ácido-lática (*L. plantarum* - 1×10^6 UFC/g MV); LB - silagem acrescida de bactéria heterolática (*L. buchneri* - $3,6 \times 10^5$ UFC/g MV).

Médias seguidas de letras diferentes, na linha, são estatisticamente diferentes pelo teste Tukey (P<0,05).

A degradabilidade efetiva da MO apresentou comportamento semelhante ao observado para MS, com valores médios de 46,7; 41,3 e 39,0%, para valores de kp de 2, 5 e 8%/hora, respectivamente.

A avaliação da degradabilidade *in situ* dos carboidratos estruturais (FDN e FDA) não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos aplicados à forragem na

ensilagem (tabela 31). Os teores médios estimados para as frações “a” e “b” foram de 8,45 e 34,5% para a FDN e 6,75 e 36,3% para a FDA.

Os valores da taxa de degradação foram bastante próximos para a FDN (3,17%/h) e para a FDA (3,15%/h). Da mesma forma, os valores de tempo e colonização (7,96 e 7,49 horas) e degradabilidade potencial (42,9 e 43,0%) foram semelhantes, para a FDN e FDA, respectivamente. Os valores médios de degradabilidade efetiva, calculados para as taxas de passagem de 2, 5 e 8%/hora, foram de 30,1; 23,3 e 20,3% para a FDN e 29,4; 22,2 e 19,2% para a FDA.

4.4 Discussão

4.4.1 Composição químico-bromatológica das silagens e das rações experimentais

4.4.1.1 Silagens

Observando-se os teores médios de matéria seca da cana fresca na ensilagem (30,3%), e das silagens (30,2%), verifica-se que não houve variação numérica dessa variável durante o processo de conservação (tabelas 21 e 22). A manutenção nos teores de MS não indica que não ocorreu perda de MS nessas silagens, pois a redução quantitativa verificada em outras frações comprova essa perda, bem como as estimativas de perda total de matéria seca apresentadas na tabela 25. Possivelmente, para o tipo de silo usado nesse experimento, a perda de umidade das silagens ocorreu à mesma magnitude que a perda de MS, mantendo o valor centesimal dessa fração praticamente inalterado. Experimentos em silos de laboratório têm mostrado redução no teor de MS das silagens, em relação à cana-de-açúcar original (KUNG Jr.; STANLEY, 1982; PEDROSO et al., 2005; SIQUEIRA, 2005).

Dados de literatura indicam teores de MS semelhantes aos obtidos nesse ensaio para silagens de cana-de-açúcar. Junqueira (2006) avaliou a adição de uréia e *L. buchneri* em silagens de cana armazenadas em silos poço e verificou teor médio de MS de 32,4%, sem diferença entre os tratamentos aplicados. Trabalhando com cana nos

mesmos silos, Pedroso et al. (2006) encontraram valor médio de 32,7% de MS, em silagens aditivadas com uréia, benzoato de sódio ou *L. buchneri*.

As silagens apresentaram teor médio de cinzas de 7,2% da MS. Esse valor é ligeiramente superior ao valor médio de 6,1% verificado por Pedroso et al. (2006), e bastante superior ao valor médio de 3,58% observado por Junqueira (2006). Possivelmente, a pequena redução na fração mineral das silagens, em relação à cana fresca (8,0% da MS) possa ser devida à produção de efluentes e lixiviação, que, no entanto, não foi quantificada nesse tipo de silo.

Os teores médios de FDN e FDA observados nas silagens (64,9 e 42,0%) são maiores que os valores médios observados na cana fresca durante a ensilagem (54,6% e 36,7%). Em média, a elevação percentual, em relação à cana fresca, foi de 18,8 e 14,4%, para as frações FDN e FDA, provavelmente decorrente da perda fermentativa de MS na ensilagem.

Embora o aumento relativo nos teores de componentes da parede celular (fração fibrosa) esteja associado à perda de CHOs, a correlação com o teor dessa fração mensurado nas silagens (tabela 22) não pode ser precisamente determinada, uma vez que parte dos carboidratos solúveis desaparecida na ensilagem é convertida a AGV, sem constituir, entretanto, perda de MS, apesar da importante contribuição energética aos animais. Assim, os teores de FDN, CHOs e ácidos orgânicos devem ser avaliados em conjunto.

Siqueira (2005) observou teor médio de FDN de 71,8% para silagens de cana-de-açúcar, com maiores valores para as silagens controle (75,3%) ou tratadas com uréia (74,3%), e menor valor para a silagem inoculada com *L. buchneri* (66,9%). Os dados relatados por esse autor mostram elevação média de 36,5% no teor de FDN, em relação à cana fresca, para ensilagem realizada em silos experimentais. Comportamento semelhante foi verificado para a fração FDA.

Por outro lado, Junqueira (2006) verificou teores médios de 54,6 e 33,7% de FDN e FDA para silagens de cana aditivadas com uréia ou *L. buchneri*, sem efeito de tratamentos, ensiladas em silos do tipo poço. O aumento relativo à cana fresca foi de 10,8% para a FDN e 18,7% para a FDA. Assim, constata-se grande variação no teor dos constituintes da fração fibrosa em silagens de cana-de-açúcar, bem como na

magnitude de elevação relativa à cana original, possivelmente influenciada por condições do armazenamento e efeito da aplicação de aditivos.

Da mesma forma, comparando-se os teores médios de hemicelulose na cana fresca (18,1%) e nas silagens (22,8%), observa-se aumento relativo de 26% nessa fração, embora a fração hemicelulose não tenha se mostrado afetada pelos tratamentos impostos à forragem. Esse efeito provavelmente se deve à alteração relativa nas demais frações da MS, mesmo reconhecendo a possibilidade de ação fibrolítica durante a fermentação.

Embora as alterações nos constituintes de parede celular (FDN e FDA) tenham apresentado magnitudes de variação diferentes em função dos tratamentos aplicados à cana na ensilagem, a fração hemicelulose permaneceu semelhante entre os tratamentos. A observação conjunta desses dados permite supor que, durante o processo de ensilagem, não houve solubilização diferenciada dessa fração entre tratamentos, e que as alterações no *pool* de FDN e FDA são mais devidas a diferenças nas perdas de compostos solúveis entre os tratamentos testados.

Trabalhando com os mesmos aditivos, em condições semelhantes, Pedroso et al. (2006), observaram teor médio de hemicelulose de 15,3% nas silagens de cana-de-açúcar, sem efeitos de tratamentos. Kung Jr. e Stanley (1982) relataram elevação de 18,8 para 21,5% no teor de hemicelulose da cana-de-açúcar, após ensilagem realizada aos 12 meses de rebrota. Segundo os autores, o teor desse componente é reduzido com o avanço da maturidade da planta, embora a grau de elevação decorrente da ensilagem não seja influenciado.

Os coeficientes de digestibilidade verdadeira *in vitro* da MS (DVIVMS) e MO (DVIVMO) foram influenciados pelos tratamentos aplicados às forragens de maneira semelhante ao comportamento observado para as frações FDN e FDA. As silagens com maiores teores de componentes da parede celular (LP, LB e Controle) foram as que apresentaram os menores coeficientes de digestibilidade DVIVMS e DVIVMO. Comportamento inverso foi verificado para as silagens dos tratamentos Uréia e Benzoato, que apresentaram maiores coeficientes de digestibilidade, em função do menor teor de carboidratos estruturais.

Junqueira (2006) avaliou doses de uréia e inoculação com *L. buchneri* na ensilagem da cana-de-açúcar e observou elevação na DVIVMS, para as doses crescentes de 1,0, 1,5 e 2,0% da MV (60,3; 61,4 e 62,4%, respectivamente), e menor digestibilidade para o tratamento com o aditivo bacteriano (59,4%). Contudo, esses valores foram mais elevados que os do presente experimento, provavelmente em virtude do menor teor de carboidratos estruturais das silagens, observados por aquela autora.

Siqueira (2005), trabalhando com silagens de cana-de-açúcar em silos experimentais observou os coeficientes de DVIVMS de 35,1; 37,7; 39,7; 34,6 e 48,4%, para silagens controle e aditivadas com uréia, benzoato de sódio, *L. plantarum* e *L. buchneri*, respectivamente. Esses valores foram menores que os verificados no presente ensaio, provavelmente em decorrência do elevado teor de FDN verificado por esse autor nas silagens analisadas.

O teor médio de proteína bruta das silagens sem uréia (3,4%) foi semelhante aos valores verificados na forragem fresca (3,3%), e o efeito de aditivação com uréia elevou o teor de PB dessa silagem para 7,6%. Andrade; Ferrari Júnior e Braun (2001) observaram teor de PB de 9,4% em silagens de cana aditivadas com 0,5% de uréia na MV. Pedroso et al. (2006) aplicaram a mesma dose e observaram teor de PB de 7,4% na silagem aditivada com uréia.

A silagem do tratamento Uréia apresentou redução de 12,7% no teor de PB, em relação à forragem fresca original adicionada de uréia (tabela 21). Usando-se os teores médios de PB das forragens sem uréia como base (tabelas 21 e 22), pode-se estimar a recuperação do N uréia aplicado, que nesse ensaio foi de 89,9%. Os dados sobre uso de uréia na ensilagem da cana-de-açúcar indicam alta recuperação de nitrogênio nesses materiais, superior ao valor de 70% previamente relatado por Nussio e Schmidt (2004), na estimativa do custo de aditivação de silagens de cana-de-açúcar.

Considerando-se que nesse ensaio o teor de nitrogênio foi determinado em amostras secas em estufa, possivelmente, a elevada recuperação de N nessas silagens esteja associada à reduzida hidrólise da uréia a amônia, que somente é realizada mediante atividade da enzima urease (DOLBERG, 1992). Esse fato foi relatado por diversos autores (ALVAREZ e PRESTON, 1976; SILVESTRE; McLEOD; PRESTON,

1976; ROSA e FADEL, 2001) que observaram resultados mais consistentes ao aplicar amônia anidra em forragens, em relação à aplicação de uréia, na mesma dose de N. Do ponto de vista nutricional e econômico, a alta recuperação do N aplicado na ensilagem é um fator positivo; contudo, do ponto de vista fermentativo, em silagens de cana-de-açúcar, a baixa produção de amônia é desvantajosa, por ser esse o componente usado na mudança de rota metabólica das leveduras (FERRO, 1994), que acarreta benefícios à conservação. Uma outra hipótese estaria ligada à formação de sais de ácidos orgânicos (acetato de amônia, p.ex.), possivelmente estáveis durante a secagem das amostras. Contudo, esses compostos não foram avaliados no presente estudo.

A fração de carboidratos solúveis (CHOs) nas silagens mostrou forte redução em relação à cana-de-açúcar fresca, com efeito consistente de tratamentos. Para o tratamento Benzoato (8,25% de CHOs), essa redução foi de 21% e para a média dos demais (4,0% de CHOs), essa redução foi de 62%, quando comparados à forragem utilizada na ensilagem (10,5% de CHOs). Conforme já discutido, o desaparecimento de carboidratos solúveis durante a ensilagem pode ser responsável pelo aumento centesimal relativo nas frações constituintes da parede celular, sem representar necessariamente perda de MS, uma vez que parte desses carboidratos é convertida a ácidos graxos voláteis na silagem. Como essa conversão é realizada mediante metabolismo microbiano, os dados aqui obtidos permitem afirmar que a dose aplicada de benzoato de sódio na ensilagem da cana foi efetiva em reduzir atividade microbiana e preservar a fração CHOs.

Contudo, os resultados reportados na literatura sobre efeito de aditivos no teor de CHOs são controversos. Pedroso (2003), trabalhando com silos experimentais, relatou comportamento semelhante ao observado no presente ensaio, com maior teor residual de CHOs na silagem aditivada com benzoato de sódio (13,4%), e menores teores nas silagens adicionadas de *L. buchneri* e *L. plantarum* (5,7 e 7,9%). Testando os mesmos aditivos em silos tipo poço, esse autor verificou valores elevados de CHOs, para as silagens aditivadas com benzoato de sódio (15,8%), uréia 0,5% MV (16,9%), *L. buchneri* (15,1%), e 13,2% para a silagem sem aditivos. O teor de CHOs verificado na cana fresca que deu origem as silagens foi de 26,4%.

Junqueira (2006) observou teores de CHOs variando entre 11,5 e 16,8%, para silagens aditivadas com *L. buchneri* ou níveis crescentes de uréia, sendo que a cana original apresentava teor médio de 20,5% de CHOs.

Os valores de pH encontrados nas silagens podem ser considerados dentro da amplitude satisfatória (ROTZ e MUCK, 1994), sendo a diferença estatística verificada entre tratamentos de pouca importância biológica. Dados de literatura confirmam que o pH não é um ponto crítico em silagens de cana-de-açúcar, em função da rápida e intensa fermentação. Avaliando a dinâmica fermentativa em silagens de cana-de-açúcar, Pedroso et al. (2005) observaram redução do pH a valores abaixo de 4,0 a partir do terceiro dia após o fechamento dos silos. Valores semelhantes foram relatados por diversos autores (ANDRADE; FERRARI JÚNIOR; BRAUN, 2001; COAN et al., 2002).

A análise do teor de etanol (EtOH) revelou valores abaixo do esperado para silagens de cana-de-açúcar, cujo valor médio observado foi de 0,30% da MS. Contudo, o baixo valor observado não indica necessariamente baixa produção deste componente, mas possivelmente, baixa recuperação nas amostragens realizadas, em virtude do tipo de silo utilizado. Pedroso et al. (2006) verificaram valores de EtOH semelhantes aos obtidos nesse ensaio (0,48%), sob mesma condição de armazenamento, e discrepantes em relação às silagens confeccionadas em silos experimentais, onde foram constatados teores de etanol 10 a 15 vezes superiores, pelos mesmos autores.

Junqueira (2006) avaliou o teor de etanol de silagens de cana-de-açúcar produzidas nos mesmos silos tipo poço, que os usados no presente ensaio, e verificou teores de etanol variando de 0,5 a 1,2% da MS, sem efeito de tratamentos. Analisando os mesmos tratamentos em silos experimentais, a autora verificou teores de etanol entre 2,6 e 5,7% da MS, sendo o teor mais alto verificado para a silagem sem aditivos.

Esses resultados indicam que o teor de etanol não é bom padrão de qualidade fermentativa de silagens de cana-de-açúcar produzidas em silos de grande porte, uma vez que a perda por volatilização desse componente parece ser elevada. Considerando essa tendência, a contribuição teórica de energia proveniente do etanol, ao ruminante, não deve ter grande significância prática, em silos de grande escala.

Com exceção da silagem aditivada com uréia, o teor de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) das silagens avaliadas foi considerado baixo (1,79% do N Total), provavelmente em função do reduzido teor protéico da cana-de-açúcar, do rápido abaixamento de pH e da inexistência prática de fermentações clostrídicas, traduzidas pelo teor insignificante de ácido butírico nas silagens (tabela 22). A silagem do tratamento Uréia apresentou teor mais elevado da fração N-NH₃ (9,6% NT) decorrente da aplicação de N-uréia, evidenciando que, embora modesta, a conversão de uréia a amônia ocorreu nessa silagem. Considerando que aproximadamente 55% do N total é proveniente da uréia adicionada, cerca de 17,5% apenas do N aplicado foi teoricamente convertido a forma amoniacal.

Andrade; Ferrari Júnior e Braun (2001) aplicaram 0,5% da MV de uréia na ensilagem da cana e observaram teor de amônia de 14,8% do NT, valor semelhante ao obtido no presente ensaio.

A concentração de ácidos graxos voláteis (AGV) determinados nas amostras de silagem não foi influenciada pelos tratamentos aplicados na ensilagem. O teor médio de ácido láctico observado foi de 0,99%, e o de ácido acético de 2,31% da MS, traduzido em uma relação láctico:acético de 0,43:1, o que pode ser considerado incomum para silagens de cana-de-açúcar.

Poucos trabalhos na literatura relatam a composição de AGV em silagens de cana-de-açúcar. Para cana de açúcar colhida e ensilada aos 12 meses de rebrota, Kung Jr. e Stanley (1982) observaram teores de 5,6 e 1,9% da MS, para os ácidos láctico e acético, compondo uma relação láctico:acético de 2,95:1. Andrade, Ferrari Júnior e Braun (2001) observaram teores de ácido acético variando de 0,91 a 2,21% da MS, para silagens tratadas com uréia e níveis de rolão de milho. O teor médio de ácido láctico verificado por esses autores foi de 4,3% da MS, sem efeito de tratamentos.

Castro Neto (2003) avaliou aditivos químicos e microbianos na ensilagem da cana-de-açúcar, e verificou teores de ácido láctico de 4,7; 8,0 e 5,7% da MS, e de ácido acético de 1,9; 2,3 e 1,6% da MS, para os tratamentos controle, uréia 0,5% MV e *L. plantarum*, respectivamente. Os teores de ácido acético nas silagens verificados por esse autor são concordantes aos do presente experimento. Contudo, os teores de ácido láctico aqui verificados mostram-se bastante inferiores aos relatados na literatura. Esse

efeito sugere duas explicações possíveis: 1) a produção de ácido láctico foi baixa em decorrência da menor população e/ou atividade de bactérias lácticas nas silagens; 2) grande parte do ácido láctico produzido nas silagens foi metabolizado por outros microrganismos.

Bravo-Martins (2004) estudou populações de microrganismos em silagens de cana-de-açúcar, e verificou a presença de 81 cepas, das quais a grande maioria assimilou lactato como substrato em culturas isoladas. A autora afirma que em condições de aerobiose, o lactato torna-se o substrato preferencial no metabolismo de leveduras, para a maior parte das 12 espécies estudadas.

Wilkinson et al. (1982) afirmaram que são necessários cerca de 3% de CHOs na massa verde de forragens tropicais, para que se obtenham fermentações adequadas na ensilagem, sendo que o limiar crítico para a ocorrência de fermentações clostrídicas é quando valores abaixo de 2% de CHOs são encontrados na massa verde das plantas. Os dados do presente ensaio demonstram que a cana-de-açúcar utilizada para confecção das silagens (tabela 21) apresentava cerca de 3,2% de CHOs na massa verde, valor esse que permite rápida fermentação e queda intensa do pH (PEDROSO et al., 2005), inibindo fermentações clostrídicas, traduzidas pelo valor extremamente reduzido de ácido butírico verificado nas silagens (tabela 22). Contudo, deve-se ressaltar que a cana-de-açúcar usada no presente ensaio apresentou teor de CHO relativamente baixo para essa cultura.

4.4.1.2 Rações experimentais

Conforme objetivado, não foram notadas grandes diferenças entre a composição bromatológica das rações experimentais usadas nesse ensaio (tabela 23).

O balanceamento das rações, mediante exigências determinadas pelo NRC Gado de Corte (1996) estimava teor de PB de 12,5% e de NDT de 65%, para rações com aproximadamente 45% de FDN na MS. Comparando-se esses valores teóricos com os valores determinados analiticamente (tabela 23), verificou-se que a ração fornecida aos animais apresentou menor concentração energética e protéica que a objetivada, bem como maior teor de fração fibrosa. A causa dessa variação,

possivelmente, pode ser atribuída à variação na composição das silagens, e à superestimação no valor nutricional do volumoso no balanceamento das rações.

Quando calculada a composição das rações efetivamente consumidas (tabela m5), descontando-se a composição bromatológica das sobras, das rações fornecidas, verifica-se que não houve efeito de tratamentos sobre as variáveis avaliadas.

Comparando-se às rações fornecidas, notou-se que as composições de rações fornecidas e consumidas foram semelhantes, indicando que o fornecimento de ração visando permitir sobras de 10% foi efetivo em minimizar a seleção das rações pelos animais. Comparando-se a média dos tratamentos, houve redução de apenas uma unidade percentual no teor de FDN (de 52,7 para 51,7%) e elevação de 0,3 unidades percentuais no teor de PB nas rações efetivamente consumidas (de 11,0 para 11,3%).

Simulações realizadas mediante o programa computacional do NRC Gado de Corte (1996) indicam que, para todos os tratamentos, as pequenas diferenças de composição entre as rações fornecidas e efetivamente consumidas não seriam suficientes para promover alterações no consumo ou desempenho de bovinos de corte em crescimento.

4.4.2 Composição física e densidade das silagens e perdas no painel

A metodologia usada para determinação do tamanho médio de partículas (TMP) de silagens de cana-de-açúcar (LAMMERS; BUCKMASTER; HEINRINCHS, 1996) mostrou-se prática e efetiva para esse volumoso.

Os valores obtidos nesse experimento (tabela 25) podem ser considerados normais e distribuídos dentro da amplitude regular (10 a 20 mm), não sendo críticos a ponto de afetar negativamente a acomodação da forragem no silo e o consumo voluntário de MS pelo animal. O valor médio de TMP observado nas silagens (1,36 cm) esteve bem próximo ao tamanho médio observado na forragem ensilada (1,39 cm), indicando ausência de efeito do processo de conservação sobre essa variável.

Contudo, a densidade (kg/m^3) avaliada nos silos experimentais, tanto em MV quanto em MS, apresentou gradiente significativo entre tratamentos.

Possivelmente, as diferenças observadas nas densidades das silagens são devidas a fatores associados ao processo de ensilagem, uma vez que não houve diferenças em tamanho de partículas e teor de matéria seca entre os tratamentos testados. Segundo Muck e Holmes (2000) a densidade final no silo depende, além do TMP, de fatores como espessura da camada de forragem adicionada ao silo, tempo de compactação de cada camada e velocidade de enchimento, para uma mesma carga de compactação.

Para todos os silos, pode-se considerar os valores de densidade (média de 464 kg MV/m³) como abaixo do ideal, que seria entre 550 a 650 kg MV/m³ (RUPPEL et al., 1995).

O valor médio de espessura de camada retirada diariamente do silo (9,8 cm/dia), embora possa ser considerada como valor reduzido (PITT e MUCK, 1993), foi semelhante para todos os tratamentos.

Não parece haver relação direta entre a densidade observada nos silos experimentais e as perdas de painel ou recuperação de MS, sendo esse efeito, provavelmente, mais dependente do tratamento imposto na ensilagem (tabela 25). Os tratamentos Uréia e Benzoato apresentaram as maiores perdas no painel do silo, embora tenham apresentado densidades mais elevadas. Provavelmente, essas perdas são decorrentes do maior teor de PB e de CHOs residual das silagens Uréia e Benzoato, respectivamente (tabela 22), oferecendo maior disponibilidade de substrato para oxidação.

Por outro lado, o tratamento Controle apresentou o valor mais elevado de densidade, com menores perdas de painel, porém com a menor recuperação de MS. Esses resultados poderiam ser explicados por um maior consumo de compostos solúveis durante a fermentação no caso da silagem de cana sem aditivos, o que resultaria em um volumoso com menor teor de compostos solúveis e, conseqüentemente, menor tendência a perdas no painel, bem como menor recuperação de MS durante o processo. Contudo, os dados de composição químico-bromatológica (CHOs e etanol) dessa silagem (tabela 22) não confirmam essa hipótese.

Os dados na literatura sobre perdas e recuperação de MS em silos de grande porte, com silagem de cana-de-açúcar, são praticamente inexistentes.

Junqueira (2006) observou perdas de retirada 5,1 e 7,8%, para silagens aditivadas com *L. buchneri* e uréia 1% da MV, respectivamente. A autora afirmou que doses mais elevadas de uréia (1,5 e 2,0% da MV) causaram perdas maiores de retirada, de aproximadamente 16,5%.

Estimativas de recuperação de MS em silos experimentais, em função de diferentes tratamentos aplicados à forragem, têm apresentado resultados variados.

Pedroso (2003) avaliou diversos aditivos na ensilagem da cana-de-açúcar, em diferentes concentrações, e verificou recuperações de MS variando entre 78,5 e 93,4%, com efeitos marcantes dos tratamentos aplicados. Em outro experimento, trabalhando os mesmos aditivos do presente ensaio, esse autor encontrou recuperações de MS de 93,2% para silagem controle, e de 87,4; 89,6; 92,3 e 94,8%, para silagens aditivadas com uréia 0,5%MV, benzoato de sódio, *L. plantarum* e *L. buchneri*, respectivamente.

Trabalhando com os mesmos aditivos, em silos de PVC, Siqueira (2005) verificou recuperações de MS de 96,2% para a silagem controle, e de 95,0 e de 92,7, para as silagens aditivadas com benzoato de sódio ou *L. buchneri*, respectivamente, sem diferenças estatísticas entre tratamentos.

4.4.3 Consumo voluntário e digestibilidade aparente de nutrientes no trato digestivo

Observa-se na tabela 26 que nenhuma das variáveis de consumo voluntário avaliadas nesse ensaio foi influenciada significativamente pelos tratamentos impostos à forragem na ensilagem.

Provavelmente, as diferenças em composição químico-bromatológica verificadas nas silagens (tabela 22) foram diluídas com a adição de ingredientes concentrados na ração total (tabela 20), não alcançando magnitude suficiente para alterar o consumo de MS pelos animais experimentais.

As rações dos tratamentos Uréia e Benzoato apresentaram valor numérico mais elevado de consumo de MS, porém sem significância estatística. Possivelmente esse valor maior seja decorrente dos maiores coeficientes de digestibilidade *in vitro* apresentados pelas silagens desses tratamentos (tabela 22).

Os teores de etanol e de ácidos graxos voláteis das silagens testadas foram semelhantes, não agindo de forma diferenciada como possíveis depressores do consumo de MS.

Segundo McDonald; Henderson e Heron (1991), o ácido acético em altas concentrações na silagem, tem sido associado com desempenho animal insatisfatório, resultante de baixo consumo voluntário de matéria seca. No entanto, este autor cita os estudos de Dewysen (1980), mostrando que o acetato apenas induz a uma ligeira redução do consumo (para ovinos) e que os problemas devem advir indiretamente da degradação protéica na silagem, e não do efeito direto do ácido propriamente dito.

O fornecimento de rações com alimentos úmidos fermentados (silagens) pode acarretar decréscimo na ingestão de MS sendo esse efeito depressivo mais devido aos produtos de fermentação do que pela presença de umidade (NRC, 2001).

Embora os teores de FDN e FDA nas silagens tenham diferido entre tratamentos (tabela 22), o consumo de FDN das rações experimentais permaneceu semelhante. Possivelmente, o efeito verificado no consumo dessa fração possa indicá-la como principal limitadora de consumo das rações avaliadas.

Allen (1997) afirma que a ingestão voluntária de matéria seca de forragens por ruminantes usualmente é limitada pela distensão resultante do fluxo de digesta pelo trato gastrointestinal. Devido à fermentação e passagem mais lenta da FDN através do retículo-rúmen, quando comparada a outros componentes, essa fração tem sido indicada como principal reguladora de ingestão em dietas baseadas em forragem. Contudo, o autor ressalta que outros fatores como tamanho de partículas, frequência e efetividade de mastigação, fração indigestível da FDN e taxa potencial de fermentação da FDN podem afetar o enchimento do retículo-rúmen. No presente ensaio esses fatores secundários parecem não ter sido diferentes entre os tratamentos estudados (tabelas 22 e 27).

As rações consumidas com maior teor de FDN (tratamentos Controle e LP – tabela 24) foram as que apresentaram maior coeficiente de digestibilidade aparente do FDN (tabela 26), sendo esse efeito semelhante ao verificado por Mendes (2006). Esse fato sugere que o teor de FDN digestível após a ensilagem possa ser diferente entre

tratamentos, em decorrência de diferenças em hidrólise parcial de componentes da parede celular.

O consumo médio de MS observado (7,2 kg/dia ou 1,33% do PV) foi menor que o consumo predito (9,6 kg/dia ou 1,82% do PV) pelo NRC (1996), durante a formulação das rações. Além dos fatores já mencionados, como diferenças na composição químico-bromatológica das silagens durante alimentação do banco de dados do programa computacional, outros fatores podem ter interferido no consumo. O fator ambiente, representado pelo alojamento dos animais em gaiolas metabólicas, bem como a rotina de colheita de amostras intercaladas no período diurno e noturno, podem ter contribuído como variáveis aleatórias na depressão do consumo de MS pelos animais, em relação ao consumo predito pelo NRC, embora os animais estivessem adaptados às instalações e já tivessem participado de outros ensaios na mesma instalação. Da mesma forma, o NRC (1996) não contempla produtos da fermentação de volumosos conservados como possíveis inibidores de consumo, em suas estimativas de consumo de MS.

Assim como as variáveis de consumo, os coeficientes de digestibilidade aparente da MS e da MO não foram diferentes entre as rações experimentais avaliadas. Os valores obtidos mediante coleta total de fezes foram bastante semelhantes, com média de 63,6% para MS e 65,6% para MO.

A comparação dos coeficientes de digestibilidade *in vitro* das rações experimentais com os valores de digestibilidade aparente *in vivo* revela tendências conflitantes. Em média, os valores obtidos na avaliação *in vivo* foram 9,3 unidades percentuais mais elevados que os valores *in vitro*, representando elevação de 17,3% na estimativa desses coeficientes. O tratamento Benzoato, que apresentou o maior valor de digestibilidade *in vitro* da MS e da MO, revelou teor de digestibilidade aparente inferior aos demais tratamentos, embora sem significância estatística. Uma explicação para esse efeito poderia estar ligada à alteração na taxa de passagem de sólidos pelo trato digestivo do animal em função do aditivo. Contudo essa variável não foi aqui avaliada.

Varel e Kreikemeier (1995) afirmam que poucos estudos com ruminantes tem sido conduzidos visando comparar métodos de determinação da digestibilidade *in vitro*

e *in situ* ou *in vivo*, principalmente em função da praticidade e da possibilidade de se trabalhar em grande escala com o método *in vitro*. Esses autores avaliaram a digestibilidade *in vitro* e *in situ* do feno de alfafa e bromegrass, e verificaram menor tempo de colonização e maior taxa e extensão de digestão para o método *in situ*. As possíveis explicações para as diferenças observadas são falhas no processo de determinação *in vitro*, como temperatura imprópria ou aerobiose, bem como eliminação de microrganismos aderidos à partículas, durante a filtragem, em pano, do fluido ruminal utilizado.

Os coeficientes de digestibilidade aparente das frações FDN e FDA (tabela 26) foram maiores para a ração do tratamento LP e menores para o tratamento Benzoato, tendo os outros tratamentos apresentado resultados intermediários para essas variáveis. Observando-se as tabelas 22 e 23, percebe-se que as silagens e a ração do tratamento LP apresentaram maiores teores de FDN e FDA, em relação aos demais tratamentos, o que pode ter superestimado a digestibilidade aparente dessas frações. Contudo, o comportamento evidenciado em relação ao tratamento Benzoato é incomum, uma vez que, como mencionado, esse tratamento apresentou maior valor de digestibilidade *in vitro* na ração completa e na silagem, e teor de FDN baixo, quando comparado à média dos demais tratamentos. Como agravante, esse tratamento não apresenta histórico de ação fibrolítica.

Poucos trabalhos estão disponíveis na literatura avaliando consumo e digestibilidade *in vivo* de silagens de cana-de-açúcar.

Kung Jr. e Stanley (1982) avaliaram o valor nutritivo da cana-de-açúcar ensilada em diferentes estádios de maturação, em ensaio com ovinos mantidos em gaiolas metabólicas suplementados com 50g/dia de farelo de soja (aproximadamente 12% da MS). Os autores verificaram coeficientes de digestibilidade aparente semelhantes, para as silagens de plantas com 06, 12 ou 24 meses de crescimento vegetativo (54,9; 55,0 e 50,0%, respectivamente). Da mesma forma, o consumo de MS não foi afetado pela idade da planta na ensilagem, com valor médio de 7,26 g/kg PV.

Valvasori et al. (1997) avaliaram rações contendo silagens de cana-de-açúcar (60% da MS) e níveis crescentes de uréia no concentrado, em ensaio com ovinos

mantidos em gaiolas metabólicas. Não foi verificado efeito de tratamento sobre o consumo de MS (32,68 g MS/kg PV^{0,75}) nem sobre a digestibilidade da MS (57,6%).

Avaliando a hidrólise alcalina da cana-de-açúcar sob diferentes tratamentos, em ensaio de digestão com bovinos, Ezequiel et al. (2005) verificou coeficiente de digestibilidade da MS de 72,5%, para ração completa (70 % de volumoso) contendo silagem de cana aditivada com 1,5% de NaOH na MV. O valor obtido foi significativamente maior que o valor verificado na cana-de-açúcar fresca (52,0%). A digestibilidade verificada para as frações FDN e FDA foi de 50,5 e 38,2%, para o tratamento ensilado. O consumo de MS verificado pelos autores para as rações que continham cana ensilada foi de 8,4 kg/dia ou 1,2% do PV, valor semelhante ao verificado para a cana-de-açúcar fresca, e pouco inferior ao valor verificado no presente ensaio (1,33% PV). Esses valores evidenciam o potencial satisfatório de ingestão de rações contendo silagens de cana, em relação às rações tradicionais com cana-de-açúcar fresca, ressaltando a importância do adequado balanceamento dessas.

4.4.4 Comportamento ingestivo

As variáveis avaliadas relativas ao comportamento ingestivo dos bovinos recebendo as rações experimentais não foram influenciadas significativamente pelos tratamentos impostos à forragem (tabela 27). Em média, os animais passaram 1,2% do tempo ingerindo água, 16,0% ingerindo ração, 36,1% ruminando e 46,7% do tempo total em ócio. O tempo total de mastigação, resultante da somatória dos tempos de ingestão e ruminação, representou 52,1% do tempo total diário.

Avaliando o comportamento ingestivo de animais alimentados com rações formuladas com silagens de capim Tanzânia, na mesma instalação, Paziani (2004) verificou tempos relativos de ingestão de água, ingestão de ração, ruminação e ócio de 0,9; 20,3; 30,0 e 48,8% do tempo total diário, valores esses semelhantes aos observados no presente ensaio. Contudo, o consumo médio de MS observado por essa autora (4,50 kg MS/dia) foi reduzido, se comparado ao obtido no presente estudo (7,2 kg MS/dia), usando os mesmos animais experimentais. Essa observação indica que o

tempo gasto com ingestão de alimentos não é necessariamente determinante do tamanho do consumo, e que outros fatores têm maior importância sobre essa variável.

Segundo Holmes e Mathews (2001), consumo sob pastejo é um método relativamente lento, requerendo longos períodos por dia (9 a 10 horas/dia) para essa atividade. Para ingestão de rações à base de silagens e concentrados, esse tempo é relativamente mais curto (3,5 a 4 h/dia). Segundo estes autores a taxa média de ingestão para pastagem é de 20-40 g MS/minuto, e para feno/silagem é de 50-70 g MS/minuto. No presente experimento, considerando consumo médio de MS de 7,2 kg/dia e tempo médio de ingestão de 230,6 minutos/dia, observa-se taxa de ingestão das rações de 31,2 g MS/minuto, valor inferior ao citado por Holmes e Mathews (2001), mas possivelmente ajustado ao maior teor de FDN das silagens de cana.

O tempo médio de ingestão de água foi bastante reduzido, e apresentou maior erro padrão relativo à média, dentre as variáveis avaliadas (19,8%). Paziani (2004) afirmou que a baixa frequência e o curto intervalo de tempo dessa atividade dificulta a observação.

Os tempos relativos de ingestão de ração, ruminação e mastigação, em minutos/kg de MS ou minutos/kg de FDN também não foram diferentes entre os tratamentos testados.

A ausência de efeitos significativos nas variáveis de comportamento ingestivo avaliadas pode ser justificada ao avaliar-se a composição químico-bromatológica e física das rações testadas (tabelas 22, 23, 24, 25 e 26). Observa-se que a ingestão de MS e de FDN foi semelhante para todos os tratamentos, bem como o tamanho médio de partículas e o teor de FDN das rações. Da mesma forma, os produtos de fermentação (etanol, AGV), que poderiam interferir no consumo voluntário dos animais (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991) não diferiram entre as silagens usadas nesse experimento.

Mari et al. (2006) avaliaram o comportamento ingestivo de bovinos alimentados com silagens de cana controle e aditivada com LB (5×10^4 UFC/g MV) e verificaram consumo de MS 12,3% superior para o tratamento inoculado, e tempos de ingestão de ração semelhantes (139,7 e 138,6 min/dia, para os tratamentos controle e inoculado).

Raros são os trabalhos encontrados na literatura avaliando o comportamento ingestivo de ruminantes alimentados com silagens de cana-de-açúcar. Contudo, há informações sobre o comportamento ingestivo de animais recebendo rações contendo cana-de-açúcar fresca.

Miranda et al. (1999) avaliaram o comportamento ingestivo de novilhas leiteiras em crescimento, alimentadas com rações baseadas em cana-de-açúcar (82% da MS) e níveis de nitrogênio não protéico (NNP). Os autores verificaram tempos relativos médios de ingestão e ruminação de 22,3 e 40,3% do tempo total diário, sem diferenças estatísticas entre os tratamentos aplicados. Os tempos relativos médios de ingestão e ruminação observadas foram de 48,4 e 87,7 minutos/kg de MS, e de 83,8 e 151,7 minutos/kg FDN. Tanto o tempo médio gasto com as atividades, quanto os tempos relativos de ingestão e ruminação verificados por Miranda et al. (1999) foram superiores aos valores encontrados no presente ensaio, provavelmente decorrentes da maior inclusão de volumoso nas rações avaliadas por esses autores.

Mendonça et al. (2004) avaliaram o comportamento ingestivo de vacas leiteiras alimentadas com rações contendo silagem de milho ou cana-de-açúcar fresca, sob duas relações volumoso:concentrado (60:40 e 50:50). Os autores não verificaram efeito de composição das rações com base em cana-de-açúcar sobre as variáveis de comportamento ingestivo avaliadas. Os tempos médios de ingestão, ruminação e ócio para as rações de cana foram: 258, 467 e 715 minutos/dia, ou 17,9; 32,4 e 49,7% do tempo médio total, respectivamente. Para as rações com silagem de milho, os tempos relativos de ingestão, ruminação e ócio foram de 20,9; 35,0 e 44,1%, respectivamente. Os tempos relativos de ingestão e ruminação foram calculados a partir dos dados desses autores, e apresentaram os valores de 17,1 e 31,1 minutos/kg MS, e 56,5 e 102,3 minutos/kg de FDN, respectivamente, para rações contendo cana-de-açúcar.

Os dados apresentados por Mendonça et al. (2004) revelam tempos relativos das atividades de comportamento ingestivo semelhantes aos verificados no presente ensaio. Contudo, os tempos relativos calculados de ingestão e ruminação, tanto para MS quanto para FDN, são bastante inferiores, provavelmente em virtude do elevado consumo de MS assistido nas vacas usadas no experimento desses autores, o que acarreta redução no valor individual dessas variáveis.

4.4.5 Parâmetros ruminais

As rações experimentais utilizadas, bem como os horários definidos para coleta de amostras do fluido ruminal apresentaram efeitos significativos sobre as variáveis avaliadas (tabela 28). A inexistência de interação significativa entre tratamentos e horário de coletas de fluido ruminal indica que todos os tratamentos apresentaram comportamento semelhante durante todo o período de amostragem, para as variáveis estudadas.

Esse comportamento é evidenciado ao observar-se a figura 1, que apresenta as curvas de evolução temporal para as principais variáveis avaliadas no fluido ruminal (pH, N-NH₃, C2 e C3). Embora a magnitude de valores tenha sido diferente entre tratamentos para algumas variáveis, o comportamento de elevação ou redução das concentrações em função dos horários de coleta, entre os tratamentos, foi semelhante.

O pH ruminal é uma variável bem correlacionada ao comportamento ingestivo do animal, em função do tempo de mastigação e salivação, frequência de ingestão, ruminação, entre outros (PAZIANI, 2004). O valor do pH ruminal pode ser mantido através do aumento no poder de neutralização exercido pela saliva, ou diminuído em decorrência da produção de ácidos (CHURCH, 1993). A saliva é um importante mecanismo para remoção do íon H⁺ da solução ruminal, pois contém carbonato que, ligado ao H⁺ forma água e CO₂ (ALLEN, 1997). Também apresenta elevado poder tamponante devido à grande quantidade de sais de Na e K, que neutralizam ácidos produzidos na fermentação (DIXON e STOCKDALE, 1999).

Embora os valores médios de pH não tenham sido influenciados por tratamentos (tabela 28), eles sofreram efeito direto do horário de amostragem (tabela 29). Observando-se a figura 1, nota-se queda acentuada no pH ruminal logo após o fornecimento das refeições da manhã (08:00 horas) e da tarde (18:00 horas). Esse comportamento indica a alta produção de ácidos logo após as refeições, em decorrência do teor de carboidratos rapidamente fermentescíveis presentes nas rações contendo silagens de cana-de-açúcar. No período da madrugada, compreendido entre as 22:00 e as 08:00 horas, o valor do pH ruminal foi elevado linearmente, uma vez que

os animais concentraram atividade de ruminação e ócio, em detrimento da ingestão, nesse período (tabela 27).

Paziani (2004) avaliou parâmetros ruminiais de bovinos alimentados com rações contendo silagem de capim tanzânia (86% da MS) e verificou comportamento de pH ruminal semelhante ao do presente estudo, com redução de valores após as refeições. Contudo, a velocidade de redução no pH foi menor, com valores mínimos verificados oito horas após as refeições. Provavelmente, essa redução mais lenta no pH ruminal seja decorrente do menor teor de carboidratos solúveis (0,9% da MS) verificados nas silagens de gramíneas tropicais, em relação às silagens de cana do presente estudo.

A ausência de efeito de tratamentos sobre o pH ruminal era esperada, uma vez que o consumo de FDN (tabela 26) e os tempos relativos de ruminação e mastigação (tabela 27) foram semelhantes para todos os tratamentos avaliados.

Dixon e Stockdale (1999) afirmam que o pH ruminal ótimo para digestão microbiana da fibra está entre 6,6 e 7,0, sendo o nível crítico para pH abaixo de 6,0. No presente experimento, os valores de pH variaram entre 7,2 e 6,4, indicando teor adequado de FDN nas rações para manter estabilidade no ambiente ruminal, e favorecer a digestão da matéria orgânica.

A análise da concentração ruminal de nitrogênio amoniacal (N-NH_3) evidenciou picos imediatamente após as refeições (figura 1), provavelmente devidos à alta solubilidade da uréia das rações. O tratamento Uréia se destaca com picos mais elevados, embora estatisticamente semelhantes ao tratamento LB.

As concentrações de N-NH_3 observadas foram suficientes para promover crescimento bacteriano adequado, conforme valor mínimo citado por Preston (1986 apud SILVEIRA et al., 2002) de 5 mg N-NH_3 /dL. No presente ensaio, os valores médios observados variaram entre 5,6 e 13,6 mg/dL, conforme o horário de amostragem (tabela 29).

A concentração N-NH_3 é consequência do equilíbrio entre a produção, absorção e utilização pelos microrganismos, sendo a última dependente da quantidade de energia disponível. A maioria das bactérias ruminiais é capaz de utilizar N-NH_3 como fonte de nitrogênio para síntese de proteína microbiana, mas a fermentação ruminal de proteínas e uréia, freqüentemente, produz mais N-NH_3 que os microrganismos possam

utilizar. Parte do excesso de amônia produzido após a alimentação é absorvido e reciclado ao rúmem via saliva secretada na ruminação (VAN SOEST, 1994; HUNTINGTON e ARCHIBEQUE, 1999).

No presente ensaio, a reciclagem de N-NH₃ via saliva pode explicar a manutenção dos níveis ruminais desse componente no período da noite/madrugada (22:00 às 08:00), em função da maior tempo dedicado à ruminação nesse período.

Da mesma forma que o pH, a concentração ruminal de ácidos graxos voláteis (AGV) é um bom indicativo dos padrões de fermentação das rações avaliadas (BERGMAN, 1990).

O ácido acético (C2) esteve presente em maior concentração no fluido ruminal, representando em média 65% dos ácidos totais (tabela 28). O ácido propiônico (C3) apresentou concentração média de 19,3 mM, com teor mais elevado no tratamento Uréia, sem diferença entre os demais tratamentos. A relação acético:propiônico foi influenciada pelos tratamentos, com maior valor para LP (3,56:1) e menor para Uréia (2,96:1) e Benzoato (3,02:1).

Silveira et al. (2002) avaliaram o perfil médio de AGV ruminal de bovinos alimentados com rações contendo silagem de cana-de-açúcar aditivada com polpa cítrica e uréia. Os autores verificaram concentrações molares médias de ácidos acético e propiônico de 65,2 e 12,5 mM, e relação C2:C3 de 5,2:1, valores esses próximos aos encontrados no presente ensaio.

Paziani (2004) observou relação C2:C3 média de 4,6:1 para rações com silagem de capim tanzânia, em função das menores concentrações de C3 (12,4 mM) em relação aos valores obtidos no presente estudo (19,3 mM). Aumentos na concentração molar de propionato no rumem podem estar relacionados ao maior aporte de CHOs fermentescíveis (BERGMAN, 1990), como a sacarose, em rações contendo silagens de cana-de-açúcar.

As curvas de concentração ruminal dos ácidos acético e propiônico apresentaram comportamento bastante semelhante, com rápida elevação à partir da primeira refeição matinal e um pico de maior magnitude próximo ao horário de refeição vespertina. Para ambos ácidos, notou-se concentrações molares mais altas no

tratamento Uréia e mais baixas no tratamento LB, conforme evidenciado estatisticamente na tabela 28.

Ao correlacionar as variáveis ruminais com a composição químico-bromatológica das silagens e das rações completas, pode-se inferir sobre o efeito dos aditivos aplicados na ensilagem e a tendência observada na concentração molar de AGV ruminal.

A ração do tratamento Uréia acarretou maior concentração ruminal de C3 e C4 (tabela 28), o que pode estar relacionado ao maior teor de PB e N-NH₃ das silagens desse tratamento (tabela 22), para crescimento microbiano ruminal.

Embora a silagem aditivada com benzoato de sódio tenha apresentado teor residual de carboidratos solúveis 106% maior, em relação à média dos demais tratamentos, esse componente parece não ter influenciado a concentração de ácidos, nem o pH ruminal. Da mesma forma, os teores relativamente baixos de AGV e etanol verificados nas silagens (item 4.4.1.1) não foram capazes de exercer efeito sobre as variáveis ruminais.

Embora o etanol presente em silagens de cana represente contribuição energética ao animal, mediante conversão a acetato no rúmen (DURIX et al., 1991), esse efeito não foi verificado no presente ensaio, em virtude dos baixos teores de etanol detectados em todas as silagens (tabela 22).

4.4.6 Degradabilidade ruminal

As técnicas de determinação da degradabilidade *in situ* de alimentos têm sido usadas para obtenção de informações quantitativas sobre a taxa e extensão da degradação ruminal de nutrientes, usadas no estabelecimento de modelos de predição de consumo e fermentação ruminal (HUNTINGTON e GIVENS, 1995).

Sniffen et al. (1992), tendo como objetivo gerar dados para o sistema Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS), propuseram o fracionamento dos carboidratos e proteínas, em função da solubilidade ruminal desses compostos. Segundo esse modelo, os carboidratos são fracionados em: “A” (açúcares solúveis, com rápida degradação ruminal), “B1” (amido e pectina), “B2” (parede celular, com taxa

de degradação lenta e variável) e “C” (corresponde à fração não digerida durante sua permanência ao longo trato digestivo).

Apesar de a cana-de-açúcar apresentar elevada fração “a” (açúcares solúveis), o que, provavelmente, suportaria rápido crescimento microbiano no rúmen, as mesmas tem apresentado baixa taxa de degradação ruminal da fibra potencialmente degradável “b2” (PEREIRA et al., 2001), o que pode levar a redução da ingestão de matéria seca e da disponibilidade de energia, limitando a produção dos animais (FERNANDES et al., 2001).

O modelo de avaliação da degradabilidade *in situ* do programa *Fit Curve*, descrito por Hovell (1995), estima, com base em curvas de degradabilidade ruminal, as frações “a” (intercepto da extrapolação da curva de degradação no tempo zero, ou fração prontamente solúvel no rúmen); “b” (assíntota da curva exponencial, ou fração potencialmente degradável); “c” (taxa fracional constante da curva exponencial, ou taxa de degradação constante da fração “b”). Com base nesses parâmetros o programa estima a degradabilidade potencial e efetiva do alimento incubado, adotando taxas de passagem variáveis.

A análise das variáveis de degradabilidade da MS (tabela 30) mostrou diferença estatística no teor de fração “a” das silagens, que variou entre 31,0 e 24,9%. Esse resultado não é condizente com a avaliação do conteúdo de carboidratos solúveis das silagens (tabela 22), que mostrou valor consideravelmente superior para o tratamento Benzoato, em relação aos demais.

O teor de fração potencialmente degradável “b”, a taxa de degradação “c” e o tempo de colonização não foram influenciados por tratamentos, e apresentaram valores médios de 28,1%, 3,53%/hora e 7,39 horas, respectivamente.

Fernandes et al. (2003) avaliaram a composição fracional dos carboidratos da cana-de-açúcar em diferentes idades de corte, pelo método de produção de gás *in vitro*, e obtiveram valores médios de 48,8% para fração “a”, 30,4% para fração “b”, e 28,3% para a fração indigestível. Os dados desses autores se assemelham aos aqui obtidos, em relação ao teor de fração “b”, porém apresentam teores mais elevados de fração solúvel “a”, provavelmente em decorrência do consumo de carboidratos solúveis no processo de ensilagem, conforme descrito no item 4.4.1.1.

A degradabilidade potencial da MS, determinada no modelo do *Fit Curve* como soma das frações “a” e “b” foi maior para o tratamento Uréia (58,3%) e menor para o tratamento LP (54,9%), conforme resultado verificado para fração “a”.

A degradabilidade efetiva da MS, estimada para valores de taxa de passagem (kp) de 2, 5 e 8%/hora, foi maior para os tratamentos Uréia, LB e Benzoato. A avaliação da composição bromatológica das silagens (tabela 22) evidencia menores teores de FDN e FDA para a silagem adicionada de uréia, e maiores teores para a silagem inoculada com *L. plantarum*, o que pode explicar, parcialmente, as diferenças verificadas em relação à degradabilidade efetiva desses volumosos. Contudo, a estimativa isolada da fração “b” não corresponde a essa tendência, o que poderia sugerir que variações qualitativas na fração FDN entre os tratamentos poderiam também influenciar a degradabilidade efetiva da MS.

Quando avaliadas em termos de matéria orgânica (MO), as variáveis de degradabilidade *in situ* apresentaram comportamento semelhante às variáveis estimadas com base em MS (tabela 30), provavelmente em função da similaridade no teor de minerais (cinzas) nos tratamentos avaliados (tabela 22). Da mesma forma, em valores absolutos, a degradabilidade potencial e efetiva, para MS e MO, estiveram próximas, com variações decimais para o mesmo parâmetro.

Não foi verificado efeito significativo de tratamentos sobre a degradabilidade dos constituintes da parede celular (tabela 31).

Em quatro das 25 observações, foram obtidos valores negativos para a fração “a” das silagens. Possivelmente esse efeito seja devido a desvios na predição dessa fração pelo programa, em decorrência do elevado coeficiente de variação (42,5 % para FDN e 59,5% para FDA), conforme relatado por Loures (2004) e Paziani (2004). Nesse caso, o procedimento adotado foi substituir o valor negativo por zero, uma vez que não existe fração “a” negativa.

Teoricamente, a proporção da fração “a” na FDN e FDA deveria ser próxima a zero, por tratar-se de uma fração prontamente solúvel no rúmen, no tempo zero de incubação. Contudo, o programa estimou teores médios de fração “a” de 8,45 e 6,75%, para a FDN e FDA. Possivelmente, esse fato deva ser resultante da perda de partículas diminutas durante a lavagem dos sacos não incubados. O mesmo foi relatado por

outros autores, em silagens de gramíneas tropicais (BALSALOBRE, 2002; PAZIANI, 2004).

O teor médio de fração “b” verificado foi de 34,5% para a FDN e 36,3% para a FDA, com taxas de degradação médias “c” de 3,17 e 3,15%/hora e tempos de colonização médios de 7,96 e 7,49 horas.

Avaliando a degradabilidade da FDN de silagens de capim tanzânia, Paziani (2004) verificou valores médios de “b”, “c”, e tempo de colonização de 58,8%; 4,5%/hora e 3,0 horas. Da mesma forma, os valores de degradabilidade da FDA apresentaram-se próximos aos valores obtidos para a FDN por essa autora. Comparando-se ao presente experimento, percebe-se que a cana-de-açúcar possui menor teor de fração “b”, porém com taxa de digestão mais lenta para essa fração, e maior tempo de colonização, em relação ao capim tanzânia.

Pires et al. (2004) avaliando a degradabilidade ruminal do bagaço de cana-de-açúcar verificaram teores de fração “b” de 44,0% para a FDN e 42,6% para a FDA, valores esses superiores aos aqui obtidos.

Os valores de degradação potencial e efetiva da FDN e FDA observados foram inferiores aos valores estimados para as frações MS e MO. A degradabilidade potencial da FDN e da FDA apresentaram valores médios de 42,9 e 43,0%. A degradabilidade efetiva da FDN estimada foi de 30,1; 23,3 e 20,3% para as taxas de passagem de 2, 5 e 8%/hora, respectivamente. Para a FDA, os valores obtidos foram de 29,4; 22,2 e 19,2%, para os três valores de taxa de passagem mencionados.

Franzolin e Franzolin (2000) avaliaram a cinética de degradação da cana-de-açúcar em bovinos e bubalinos, e verificaram os valores médios de degradabilidade potencial da MS e da FDN de 79,3 e 74,5%, e de degradabilidade efetiva da MS e da FDN (kp de 5%/hora) de 56,5 e 31,6%, respectivamente. Os valores obtidos por esses autores, para cana-de-açúcar fresca, são bastante superiores aos verificados no presente experimento. Contudo, os autores não forneceram a composição químico-bromatológica do volumoso, o que limita a comparação dos resultados.

As estimativas do tempo de colonização (*lag time*) para MS, MO, FDN e FDA apresentaram alto coeficiente de variação (CV), o que impediu a determinação de diferenças entre tratamentos. Esse mesmo efeito foi verificado por Paziani (2004),

avaliando a degradabilidade ruminal de capim tanzânia, com base no modelo do *Fit Curve*.

4.5 Conclusões

Os aditivos aplicados na ensilagem não promoveram alterações em consumo e digestibilidade da MS, em relação à silagem produzida sem aditivos, e mantiveram o comportamento ingestivo dos animais experimentais.

O ambiente ruminal proporcionado por rações contendo silagens de cana-de-açúcar foi satisfatório e mostrou-se similar ao tradicionalmente observado em rações contendo cana fresca ou outros volumosos tradicionais.

A degradabilidade ruminal efetiva das silagens de cana-de-açúcar apresentou diferenças pequenas entre os tratamentos avaliados, e com valores semelhantes aos relatados para a forragem fresca.

Referências

ALLEN, M.S. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.80, n.7, p.1447-1462, 1997.

ALLI, I; BAKER, B.E.; GARCIA, G. Studies on the fermentation of chopped sugarcane. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.7, p.411-417, 1982.

ALLI, I; FAIRBAIRN, R; BAKER, B.E.; GARCIA, G. The effects of ammonia on the fermentation of chopped sugarcane. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.9, p.291-299, 1983.

ALVAREZ, F.J.; PRESTON, T.R. Ammonia/molasses and urea/molasses as additives for ensiled sugarcane. **Tropical Animal Production**, Santo Domingo, v.1, p. 98-104, 1976.

ANDRADE, J.B.; FERRARI JÚNIOR, E; BRAUN, G. Valor nutritivo da silagem da cana-de-açúcar tratada com uréia e acrescida de rolão de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 9, p.1169-1174, 2001.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15th. ed. Arlington, 1990. v.1, 1117p.

BALSALOBRE, M.A.A **Valor alimentar do capim Tanzânia irrigado**. 2002. 113p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

BERGMAN, E.N. Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. **Physiological Reviews**, Washington, v.70, n.2, p. 567-590, 1990.

BRAVO-MARTINS, C.E.C. **Identificação de leveduras envolvidas no processo de ensilagem de cana-de-açúcar e utilização de extratos vegetais como seus inibidores**. 2004. 148p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

CASTRO NETO, A.G. **Avaliação de silagens de cana-de-açúcar submetidas a diferentes tratamentos**. 2003. 101p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

CHALUPA, W.; EVANS, J.L.; STILLIONS, M.C. Influence of ethanol on rumen fermentation and nitrogen metabolism. **Journal of Animal Science**, Albany, v.23, p.802-807, 1964.

CHANEY, A.L.; MARBACH, E.P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical Chemistry**, Washington, v.8, p.130-137, 1962.

CHURCH, D.C. **The ruminant animal digestive physiology and nutrition**. 2nd ed. Waveland: New Jersey, 1993. 564p.

COAN, R.M.; SILVEIRA, R.N.; BERNARDES, T.F.; REIS, R.A.; MORENO, T.T.B.; MOREIRA, A.L. Composição química da cana-de-açúcar crua ou queimada ensilada com aditivo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. 1 CD ROM.

DIXON, R.M.; STOCKDALE, C.R. Associative effects between forages and grains: consequences for feed utilisation. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v.50, p.757-773, 1999.

DOLBERG, F. Progress in the utilization of urea-ammonia treated crop residues: nutritional dimensions and application of the technology on small farms. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29., 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: SBZ, 1992. p.130-145.

DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. Colorometric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, Washington, v.28, p.350, 1956.

DURIX, A.; JEAN-BLAIN, C.; SALLMANN, H.P.; JOUANY, J.P. Use of a semicontinuous culture system (RUSITEC) to study the metabolism of ethanol in the rumen and its effects on ruminal digestion. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.71, p.115-123, 1991.

EZEQUIEL, J.M.B.; QUEIROZ, M.A.A.; GALATI, R.L.; MENDES, A.R.; PEREIRA, E.M.O.; FATURI, C.; NASCIMENTO FILHO, V.F.; FEITOSA, J.V. Processamento da cana-de-açúcar: efeitos sobre a digestibilidade, o consumo e a taxa de passagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v.34, n.5, p.1704-1710, 2005.

FERNANDES, A.M.; QUEIROZ, A.C.; LANA, R.P.; PEREIRA, J.C.; CABRAL, L.S.; VITTORI, A.; PEREIRA, E.S. Estimativas da produção de leite por vacas holandesas mestiças, segundo o sistema CNCPS, em dietas contendo cana-de-açúcar com diferentes valores nutritivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v.30, n.4, p.1350-1357, 2001.

FERNANDES, A.M.; QUEIROZ, A.C.; PEREIRA, J.C.; LANA, R.P.; BARBOSA, M.H.P.; FONSECA, D.M. Fracionamento e cinética da degradação in vitro dos carboidratos constituintes da cana-de-açúcar com diferentes ciclos de produção em três idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v.32, n.6, p.1778-1785, 2003. (Supl.1)

FERRO, L. A. **Efeito de alguns herbicidas sobre a fermentação alcoólica realizada por leveduras *Saccharomyces cerevisiae***. 1994. 82p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.

FRANZOLIN, R.; FRANZOLIN, M.H.T. População protozoários ciliados e degradabilidade ruminal em búfalos e bovinos zebuínos sob dieta à base de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v.29, n.6, p.1853-1861, 2000.

FREITAS, A.W.P.; PEREIRA, J.C.; ROCHA, F.C.; COSTA, M.G.; LEONEL, F.P.; RIBEIRO, M.D. Avaliação da qualidade nutricional da silagem de cana-de-açúcar com aditivos microbianos e enriquecida com resíduo da colheita de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v.35, n.1, p.38-47, 2006.

GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. **Forage fiber analysis: apparatus, reagents, procedures and some applications**. Washington: ARS, 1970.112p.

GONZÁLEZ, E.; McLEOD, N.A. Spontaneous fermentation of sugarcane. **Tropical Animal Production**, Santo Domingo, v.1, p.80-84, 1976.

HOLDEN, L.A. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.82, n.8, p.1791-1794, 1999.

HOLMES, C.W.; MATHEWS, P.N. Feeding of conserved forage-implications to grassland management and production. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro. **Proceedings...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p.671.

HOVELL, F.D.B. Measurement of roughage or protein degradation using the polyester bag "*in sacco*" technique. **FitCurve User Manual**. Disponível em: <<http://www.macaulay.ac.uk/IFRU/software>>. Acesso em: 22 jan. 2006.

HUNTINGTON, G.B.; ARCHIBEQUE, S.L. Practical aspects of urea and ammonia metabolism in ruminants. In: PROCEEDINGS OF AMERICAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE. 1999. Disponível em: <<http://www.asas.org/symposia/proceedings/0939.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2005.

HUNTINGTON, J.A.; GIVENS, D.I. The *in situ* technique for studying the rumen degradation of feeds: a review of the procedure. **Nutricional Abstracts and Reviews (Series B)**, Wallingford, v.65, n.2, p.63-93, 1995.

JUNQUEIRA, M.C. **Aditivos químicos e inoculantes microbianos em silagens de cana-de-açúcar: perdas na conservação, estabilidade aeróbia e o desempenho de animais**. 2006. 98p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

KONONOFF, P.J.; HEIRINCHS, A.J.; LEHMAN, H.A. The effect of corn silage particle size on eating behavior, chewing activities and rumen fermentation in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.86, p.3343-3353, 2003.

KUNG, L. Junior.; STANLEY, R.W. Effects of stage of maturity on the nutritive value of whole-plant sugarcane preserved as silage. **Journal of Animal Science**, Albany, v.54, p.689-696, 1982.

KUNG, L. Junior.; GRIEVE, D.B.; THOMAS, J.W.; HUBER, J.T. Added ammonia or microbial inocula for fermentation and nitrogenous compounds of alfafa ensiled at various percents of dry matter. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.67, p.299-306, 1984.

LAMMERS, B.P.; BUCKMASTER, D.R.; HEINRICH, A.J. A simple method for the analysis of particle size of forage and total mixed rations. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.79, p.922-928, 1996.

LÄTTEMÄE, P.; LINGVALL, P. Effect of hexamine and sodium nitrite in combination with sodium benzoate and sodium propionate on fermentation and storage stability of wilted and long cut grass silage. **Swedish Journal of Agricultural Research**. Uppsala, v.26, p.135-146, 1996.

LIMA, J.A.; EVANGELISTA, A.R.; ABREU, J.G.; SIQUEIRA, G.R.; SANTANA, R.A.V. Silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) enriquecida com uréia ou farelo de soja. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. 1 CD ROM.

LOURES, D.R.S. **Enzimas fibrolíticas e emurchecimento no controle de perdas da ensilagem e na digestão de nutrientes em bovinos alimentados com rações contendo silagem de capim Tanzânia**. 2004. 146p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MAEKAWA, M.; BEAUCHEMIN, K.A.; CHRISTENSEN, D.A. Chewing activity, saliva production and ruminal pH of primiparous and multiparous lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 85, p.1176-1182, 2002.

MARI, L.J.; NUSSIO, L.G. **O método Penn State Particle Size Separator para a predição do tamanho de partículas de silagens**. 2002. Disponível em: <<http://www.beefpoint.com.br/bn/radarestecnicos>>. Acesso em: 12 maio 2006.

MARI, L.J.; NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P.; RIBEIRO, J.L; ZOPOLLATTO, M.; SANTOS, M.C.; QUEIROZ, O.C.M. Comportamento ingestivo de bovinos de corte recebendo ração completa contendo cana-de-açúcar fresca ou ensilada. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 2006. 1 CD ROM.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. 2nd ed. Merlow: Chalcomb Publications, 1991. 340p.

MENDES, C.Q. **Silagem de cana-de-açúcar na alimentação de ovinos e caprinos: valor nutritivo, desempenho e comportamento ingestivo**. 2006. 103p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

MENDONÇA, S.S.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D.; SOARES, C.A.; LANA, R.P.; QUEIROZ, A.C. Comportamento ingestivo de vacas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana-de-açúcar ou silagem de milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v.33, n.3, p.723-728, 2004.

MIRANDA, L.F.; QUEIROZ, A.C.; VALADARES FILHO, S.C.; CECON, P.R.; PEREIRA, E.S.; CAMPOS, J.M.S. Comportamento ingestivo de novilhas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v.28, n.3, p.614-620, 1999.

MUCK, R.E.; HOLMES, B.J. Factors affecting bunker silo densities. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v.16, p.613-619, 2000.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrients requirements of beef cattle**. 7th.ed. Washington: National Academy of Sciences, 1996. 242p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrients requirements of dairy cattle**. 7th.ed. Washington: National Academy of Sciences, 2001. 381 p.

NIEBLAS, T.D.; SHIMADA, A.S.; PALACIOS, J.T. Manipulación de la fermentación en ensilaje de la caña de azúcar y valor alimenticio para borregos. 3. Digestibilidad aparente. **Veterinaria México**, Coyoacán, v.13, p.23-26, 1982.

NOCEK, J.E. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.71, n.10, p.2051-2069, 1998.

NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P. Tecnologia de produção e valor alimentício de silagens de cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2., 2004, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, 2004. p.1-33.

OHYAMA, Y.; MASAKI, S.; HARA, S. Factors influencing aerobic deterioration of silages and changes in chemical composition after opening silos. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Hoboken, v.26, p.1137-1147, 1975.

ØRSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.92, p.499-503, 1979.

PALMIQUIST, D.; CONRAD, H. Origin of plasma fatty acids in lactating cows fed high fat diets. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.74, p.3152, 1971.

PAZIANI, S.F. **Controle de perdas na ensilagem, desempenho e digestão de nutrientes em bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de capim tanzânia**. 2004. 208p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

PEDROSO, A.F. **Aditivos químicos e microbianos como inibidores da produção de etanol em silagens de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. 2003. 140p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F.; LOURES, D.R.S.; IGARASI, M.S.; COELHO, R.M.; PACKER, I.H.; HORII, J.; GOMES, L.H. Fermentation and epiphytic microflora dynamics in sugar cane silage. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.62, n.5, p.427-432, 2005.

PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; BARIONI, W.Jr.; RODRIGUES, A.A.; LOURES, D.R.S.; CAMPOS, F.; RIBEIRO, J.L.; MARI, L.; ZOPOLLATTO, M.; JUNQUEIRA, M.; SCHMIDT, P.; PAZIANI, S.F.; HORII, J. Performance of holstein heifers fed sugarcane silages treated with urea, sodium benzoate or *Lactobacillus buchneri*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.4, p.649-654, 2006.

PEREIRA, E.S.; QUEIROZ, A.C.; PAULINO, M.F.; CECON, P.R.; VALADARES FILHO, S.C.; MIRANDA, L.F.; ARRUDA, A.M.V. Fontes nitrogenadas e uso de *Sacharomyces cerevisiae* em dietas à base de cana-de-açúcar para novilhos: consumo, digestibilidade, balanço nitrogenado e parâmetros ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v.30, n.2, p.563-572, 2001.

PIRES, A.J.V.; GARCIA, R.; VALADARES FILHO, S.C.; PEREIRA, O.G.; CECON, P.R.; SILVA, F.F.; SILVA, P.A.; ÍTAVO, L.C.V. Degradabilidade do bagaço de cana-de-açúcar tratado com amônia anidra e, ou, sulfeto de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v.33, n.4, p.1071-1077, 2004.

PITT, R.E.; MUCK, R.E. A Diffusion model of aerobic deterioration at the exposed face of bunker silos. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Sacramento, v.55, p.11-26, 1993.

PRYCE, J.D. A modification of Barker-Summerson method for the determination of lactic acid. **Analyst**, Cambridge, v.94, p.1151-1152, 1969.

RANJIT, N.K.; KUNG Junior., L. The effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 83, p. 526-535, 2000.

ROSA, B.; FADEL, R. Uso de amônia anidra e de uréia para melhorar o valor aliméntico de forragens conservadas. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 1., 2001, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, 2001. p.40-63.

ROTZ, C.A.; MUCK, R.E. Changes in forage quality during harvester and storage. In: FAHEY, D.C.; COLLINS, M.; MERTENS, D.R.; MOSER, L.E. (Ed.). **Forage quality, evaluation, and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society, Soil Science Society, 1994. p.828-868.

RUPPEL, K.A.; PITT, R.E.; CHASE, L.E.; GALTON, D.M. Bunker silo management and its relationship to forage preservation on dairy farms. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 78, n.1, p. 141-153, 1995.

RYMER, C. The measurement of forage digestibility in vivo. In: GIVENS, D.I., OWEN, E., AXFORD, R.F.E. (Ed.). **Forage evaluation in ruminant nutrition**. London: CAB International, 2000. p.113-134.

SAS INSTITUTE. **SAS user's guide**: Statistics. Cary, 1996. 983p.

SILVA, D.J. **Análise de alimentos**: métodos químicos e biológicos. Viçosa: UFV, 1981. 165p.

SILVA, S.A.R. **Avaliação da eficiência fermentativa da cana-de-açúcar ensilada com diferentes aditivos**. 2003. 44p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2003.

SILVEIRA, R.N.; BERCHIELLI, T.T.; FREITAS, D.; SALMAN, A.K. Fermentação ruminal em bovinos alimentados com silagens de resíduos de mandioca e de cana-de-açúcar, com polpa cítrica peletizada. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. 1 CD ROM.

SILVESTRE, R.; McLEOD, N.A; PRESTON, T.R. The performance of steers fed fresh chopped whole sugarcane or after ensiling with urea or ammonia. **Tropical Animal Production**, Santo Domingo, v.1, p.40, 1976.

SIQUEIRA, G.R. **Cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) ensilada com aditivos químicos e microbianos**. 2005. 92p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2005.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSEL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, Albany, v.70, p.3562-3572.

TAYLOR, C.C.; RANJIT, N.J.; MILLS, J.A.; NEYLON, J.M.; KUNG, L. Junior. The effect of treating whole-plant barley with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability and nutritive value for dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 85, n.7, p. 1793-1800, 2002.

TILLEY, J.M.; TERRY, R.A. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal of British Grassland Society**, Oxford, v.18, n.2, p.104-111, 1963.

VALVASORI, E.; ZANETTI, M.A.; MELOTTI, L.; CURI, P.R. Avaliação da silagem de cana-de-açúcar através de ensaio de digestibilidade (aparente) com ovinos. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v.54, n.1, p.75-79, 1997.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2nd.ed. New York: Cornell University Press, 1994. 476p.

VAREL, V.H.; KREIKEMEIER, K.K. Comparison of *in vitro* and *in situ* digestibility methods. **Journal of Animal Science**, Albany, v.73, p.578-582, 1995.

WILES, P.G.; GRAY, I.K.; KISSLING, R.C. Routine analysis of protein by Kjeldahl and Dumas methods: review and interlaboratory study using dairy products. **Journal of AOAC International**, v.81, p.620-632, 1998.

WILKINSON, J.M.; CHAPMAN, P.F.; WILKINS, R.J.; WILSON, R.F. Interrelationships between pattern of fermentation during ensilage and initial crop composition. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 14., 1981, Lexington. **Proceedings...** Lexington: Boulder Westview Press, 1982. p.631-634.

5 DESEMPENHO DE BOVINOS DE CORTE ALIMENTADOS COM RAÇÕES CONTENDO SILAGENS DE CANA-DE-AÇÚCAR ADITIVADAS COM

Lactobacillus buchneri

Resumo

Avaliou-se o efeito da inculação de doses da bactéria heterolática *Lactobacillus buchneri* (LB) sobre as variáveis de composição químico-bromatológica e estabilidade aeróbia das silagens, ingestão voluntária, ganho de peso vivo e comportamento ingestivo de bovinos de corte. Foram utilizados 56 tourinhos das raças Nelore e Canchim, distribuídos em 20 baias coletivas, em um delineamento em blocos completos casualizados. Os animais receberam durante os 84 dias de período experimental rações (45% de volumoso) contendo silagens de cana-de-açúcar submetidas aos seguintes tratamentos: Controle – silagem sem aditivos; BLB – silagens inoculadas com 5×10^4 UFC de LB/g de massa verde (MV); ALB – silagens inoculadas com 1×10^5 UFC de LB/g MV; ALB+E - silagens inoculadas com 1×10^5 UFC de LB/g MV, acrescido de enzima fibrolítica. A ensilagem foi realizada em silos tubulares (silo bag) e a forragem ficou armazenada por 92 dias antes do fornecimento aos animais. A inoculação com LB alterou de forma moderada a composição das silagens, com redução nos teores de FDN e FDA, e elevação na digestibilidade *in vitro* ($P < 0,05$) no tratamento BLB, em relação aos demais. A silagem controle apresentou teor de etanol (1,53%) três vezes superior aos tratamentos inoculados com LB (0,45%). Embora as doses do aditivo inoculadas não tenham alterado de forma marcante a estabilidade das silagens, possivelmente em decorrência da aeração prévia ocorrida em silos de grande escala, a adição de ingredientes concentrados às silagens foi efetiva em melhorar substancialmente as variáveis de estabilidade aeróbia. Essas diferenças proporcionaram elevação média de 23% na ingestão de MS e 12,7% no ganho de peso dos animais que receberam rações com silagens aditivadas, em relação ao desempenho dos animais consumindo silagem controle. Não houve diferença estatística ($P > 0,05$) entre as doses de LB estudadas, para essas variáveis. O comportamento ingestivo dos animais experimentais foi afetado pelos tratamentos avaliados, sendo que rações contendo silagem controle necessitaram de maior tempo para ingestão, ruminação e mastigação (31,1; 74,9 e 106,4 minutos/kg de MS), em relação à média dos tratamentos inoculados (22,0; 58,7 e 80,8 minutos/kg de MS). Silagens inoculadas com LB propiciaram incremento marcante no desempenho dos animais. Modelos de predição de ingestão e desempenho parecem subestimar o conteúdo energético de silagens de cana-de-açúcar, que se mostraram capazes de suportar taxas de ganho de peso maiores (143%) que o valor predito com base na composição exclusiva de nutrientes da forragem.

Palavras-chave: consumo, estabilidade aeróbia, NRC, ganho de peso, comportamento ingestivo, energia líquida, Nelore, Canchim.

Abstract

Performance of beef bulls fed with ration containing sugar cane silages added with *Lactobacillus buchneri*

The inoculation effect of dosages of the heterolactic bacteria *Lactobacillus buchneri* (LB) was evaluated on the chemical composition and aerobic stability, voluntary feed intake, daily weight gain and ingestive behavior of beef bulls. Fifty six bulls (Nellore and Canchim breeds) were allotted to 20 collective pens, in a complete randomized block design. The animals were fed, in a 84-d experimental period, with ration containing sugar cane silages (45% of forage DM basis). The silages were treated with one of the following treatments (wet basis): control – no additives; BLB – inoculated with 5×10^4 CFU of LB/g; ALB – inoculated with 1×10^5 CFU of LB/g; ALB+E – inoculated with 1×10^5 CFU of LB/g plus fibrolytic enzyme addition. The ensiling was performed in bag silos and the forage was stored during 92 days before being fed to the animals. The inoculation with LB slightly altered the silage composition decreasing the NDF and ADF contents, and increasing the *in vitro* digestibility ($P < 0.05$) in the BLB treatment, compared to the others. The control silage presented ethanol content (1.53%) three times higher than the LB inoculated silages (0.45%). Although the dosages of inoculated additive have not altered markedly the silage stability, this pattern was possibly due to the previous aeration which is typical in large scale silos. The addition of concentrates to the silages on TMR was effective to improve sharply the aerobic stability. The inoculated silages provided an average increase of 23.0% in the DM intake and 12.7% in the daily weight gain of animals, when compared to the control silages. For both, DM intake and weight gain, no statistical difference ($P > 0.05$) was observed among the evaluated dosages of LB. The ingestive behavior of the experimental animals was affected by evaluated treatments, where the animals fed with the control silage ration spent more time with feeding, rumination and chewing (31.1; 74.9 and 106.4 min/kg of DM), compared to the average of inoculated treatments (22.0; 58.7 and 80.8 min/kg of DM). The silages inoculated with LB provided a sharp increase in the animal performance. Animal performance models seems to underestimate the energy content of sugar-cane silages, which has supported higher weight gain rates (143%) than the predicted values based exclusively on the nutrient composition of this forage.

Key words: intake, aerobic stability, NRC, weight gain, ingestivo behavior, net energy, Nellore, Canchim

5.1 Introdução

O uso de aditivos na ensilagem tem sido o foco principal de atenção nas pesquisas direcionadas à conservação da cana-de-açúcar (NUSSIO e SCHMIDT, 2004). O uso de aditivos aplicados à forragem durante o enchimento do silo tem sido

preconizado como forma de alterar a rota preferencial na fermentação da cana-de-açúcar, que leva a produção de etanol e CO₂ decorrentes da ação metabólica de leveduras epifíticas no material ensilado (PEDROSO et al., 2005). Em silagens não aditivadas, essa fermentação tipicamente alcoólica pode acarretar perdas de MS superiores a 30% (PEDROSO et al., 2005; SIQUEIRA, 2005).

Dentre as opções de aditivos usados na ensilagem da cana-de-açúcar, têm-se dado importância aos aditivos microbianos, em função da facilidade de aplicação, que pode ser realizada diretamente no equipamento de colheita de forragem, usando reduzido volume de solução (4-8 L) por tonelada de massa verde, além do benefício esperado em conservação do valor nutritivo do volumoso, e benefícios adicionais, como o incremento na estabilidade aeróbia das silagens.

A bactéria heterofermentativa *Lactobacillus buchneri* (LB) foi descrita por Cunha e Foster (1992) como um microrganismo capaz de produzir quantidades surpreendentemente altas de ácido acético, em relação ao ácido láctico, a partir da glicose. Ainda, o LB é hábil em utilizar outros substratos, como o ácido láctico e o glicerol, elevando os teores de ácido acético e 1,2 propanodiol no meio, com produções periféricas de manitol e etanol. Essa bactéria pode degradar ácido láctico anaerobicamente, usando o glicerol como aceptor de elétrons, enquanto produz acetato, 1,2 propanodiol e CO₂ (OUDE ELFERINK et al., 2001).

O efeito inibitório de um ácido orgânico sobre microrganismos depende diretamente da sua constante de acidez (pKa) e do pH do meio. O ácido láctico possui valor de pKa de 3,86, sendo um ácido mais forte do que o acético (pKa = 4,75). Assim, em silagens, com pH próximo a 4,0, grande parte do acetato presente no meio encontra-se na forma não dissociada (forma ácida), enquanto a maior parte do ácido láctico encontra-se na forma dissociada (ionizada) (MOON, 1983). Pode-se afirmar que a ação antimicrobiana do ácido acético em silagens é lipofílica, causada pelas moléculas não dissociadas de ácido que penetram na membrana plasmática desses microrganismos (DANNER et al., 2003).

A inoculação com LB tem-se mostrado capaz de reduzir a população de leveduras e elevar a estabilidade aeróbia de silagens de milho e de gramíneas de clima temperado (RANJIT e KUNG, Jr., 2000; TAYLOR et al., 2002). Driehuis; Oude Elferink e

Spoelstra (1999) relataram que, em silagens de milho inoculadas com LB, o acúmulo de ácido acético em detrimento do ácido láctico inibe o crescimento de leveduras durante o armazenamento anaeróbio e a exposição ao ar, elevando assim a estabilidade aeróbia das silagens.

Em silagens de milho a inoculação com LB reduziu a contagem de leveduras (RANJIT; TAYLOR; KUNG Jr., 2002) e o teor de etanol (NISHINO et al., 2003) dessas silagens, e a aplicação de LB na ensilagem da cana-de-açúcar foi preconizada à partir desses resultados promissores

Pedroso (2003) realizou dois ensaios em silos experimentais para avaliar o efeito de inoculante contendo cepa de *L. buchneri* na ensilagem da cana-de-açúcar, usando a dose de $3,64 \times 10^5$ unidades formadoras de colônia (UFC)/g de massa verde (MV). Em ambos ensaios, o autor verificou redução significativa no teor de etanol e na perda de matéria seca (MS), em relação à silagem sem aditivos, bem como incremento na estabilidade aeróbia das silagens, concluindo ser a bactéria LB um aditivo eficiente em preservar o valor nutritivo e reduzir as perdas de MS da cana-de-açúcar, quando ensilada.

Em ensaio testando rações de confinamento para novilhas leiteiras em recria, Pedroso et al. (2006) observaram incremento de 10% na ingestão de MS e de 32% no ganho de peso médio diário para rações contendo silagem de cana inoculada com LB, em relação à ração contendo silagem de cana sem aditivos (controle). Os autores afirmam que as diferenças na composição bromatológica e na estabilidade aeróbia das silagens inoculadas com LB foram responsáveis pelo incremento em desempenho dos animais experimentais.

Testando aditivos químicos e microbianos, e a combinação destes na ensilagem da cana-de-açúcar, Siqueira (2005) observou menor perda de MS e maior estabilidade aeróbia (19,2% e 60 horas) para a silagem inoculada com LB (5×10^4 UFC/g MV), quando comparada à silagem controle (32,5% e 32 horas). O autor concluiu que o LB foi o aditivo mais eficiente em minimizar perdas qualitativas e quantitativas na ensilagem da cana-de-açúcar, quando aplicado isoladamente, ou em associação com benzoato de sódio ou hidróxido de sódio.

Junqueira (2006) avaliou a inoculação com LB (5×10^4 UFC/g MV) na ensilagem da cana em silos experimentais, e verificou redução significativa de 31,7% nas perdas de MS e de 48,5% no teor de etanol das silagens inoculadas, em relação à silagem controle. Avaliando rações contendo 45% de silagem de cana-de-açúcar na MS, para novilhas leiteiras em confinamento, Junqueira (2006) verificou taxas de ganho de peso diário semelhantes para os animais que receberam rações contendo silagem inoculada com LB (1,05 kg/dia), silagem aditivada com uréia 1% da MV (0,98 kg/dia) e uréia 1,5% da MV (0,92 kg/dia). A autora não testou silagem sem aditivos (controle) no ensaio com animais.

O objetivo do presente experimento foi avaliar o efeito da aplicação da bactéria heterolática *Lactobacillus buchneri* na ensilagem da cana-de-açúcar sobre a estabilidade aeróbia das silagens, e o comportamento ingestivo, ingestão de MS e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo essas silagens, em confinamento.

5.2 Material e Métodos

5.2.1 Local do experimento

O experimento foi realizado no Setor de Ruminantes do Departamento de Zootecnia da USP/ESALQ, em Piracicaba/SP. A forragem foi colhida em uma propriedade próxima à ESALQ, e transportada picada para ser ensilada no local do ensaio.

As análises químico-bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do mesmo Departamento.

5.2.2 Desenho experimental

O experimento foi realizado em delineamento em blocos completos casualizados, com quatro tratamentos e cinco repetições, totalizando 20 unidades experimentais

(bacias coletivas). Os fatores de agrupamento adotados foram raça e peso vivo inicial dos animais experimentais.

Os tratamentos experimentais avaliados consistiam em rações completas formuladas com umas das seguintes silagens:

Controle - silagem de cana-de-açúcar sem aditivos;

BLB - silagem de cana-de-açúcar aditivada com dose baixa de *Lactobacillus buchneri* (5×10^4 UFC/g MV);

ALB - silagem de cana-de-açúcar aditivada com dose alta de *L. buchneri* (1×10^5 UFC/g MV);

ALB+E - silagem de cana-de-açúcar aditivada com dose alta de *L. buchneri* (1×10^5 UFC/g MV) acrescido de enzima fibrolítica.

O ensaio de desempenho teve duração de 84 dias, precedido por um período de adaptação de 25 dias, com início em 01 de março e término em 23 de maio de 2003.

5.2.3 Confeção das silagens

O processo de ensilagem foi realizado entre os dias 03 e 05 de novembro de 2002. As silagens foram confeccionadas em silos tubulares revestidos de lona plástica do tipo “bag” (PACIFILBAG[®]), com diâmetro de 2,70 metros e comprimento suficiente para armazenar 40 toneladas de forragem cada. Para o enchimento e compactação da forragem no silo usou-se a acondicionadora tubular de forragem marca IMPECOR[®], modelo B9070, ajustando-se a rotação do motor do trator em 2000 rpm e a pressão de 75 libras/pol² para compactação da massa, respeitando-se o estiramento máximo permitido na lona plástica.

A cana-de-açúcar da variedade RB85-5536 foi colhida madura (primeiro corte; aproximadamente 14 meses de crescimento), sem retirada de palha, com uma colhedora da marca Mentamit[®], modelo Colhimenta, acoplada ao trator equipado com redutor, e regulada para corte com tamanho médio de partículas entre 5 a 10 mm. Foi realizada determinação do teor de sólidos solúveis no caldo da cana-de-açúcar por meio de refratômetro de campo (TOKYO[®], modelo 032), indicando teor médio de 21,8° brix.

A aplicação dos aditivos, para confecção dos tratamentos, foi realizada sobre a forragem picada diretamente na esteira do implemento que fazia a admissão e compactação do material no silo “bag”. Os caminhões usados para recolhimento e transporte descarregavam a forragem diretamente na esteira e o volume de solução contendo o aditivo era calculada para a massa de forragem contida no caminhão, determinada mediante pesagem direta do conjunto.

No tratamento **Controle** a forragem foi ensilada pura, sem a adição de qualquer produto.

No tratamento **BLB**, foi usado um inoculante não comercial contendo bactérias heteroláticas *Lactobacillus buchneri* (cepa NCIMB 40788[®]), fornecido pela empresa Lallemand[®] Animal Nutrition S.A., na forma de pó solúvel, aplicado na dosagem “baixa” de 0,17 g/t MV, diluído em 2,2 L/t de água deionizada, objetivando-se aplicar 5×10^4 UFC/g MV. O inoculante usado foi testado e certificado na origem, indicando contagem total aproximada de 5×10^{11} UFC/g produto.

Para compor o tratamento com dose “alta” (**ALB**), foi usado o mesmo inoculante, aplicado na dosagem de 0,34 g/t MV, diluído em 2,2 L/t de água deionizada, objetivando-se aplicar 1×10^5 UFC/g MV.

O tratamento **ALB+E** foi confeccionado com a mesma dosagem de *L. buchneri* do tratamento ALB (1×10^5 UFC/g MV), acrescido de enzima fibrolítica SAFIZYM CP[®] (Lallemand[®] Animal Nutrition S.A.), constituída por endoglucanases, celobiohidrolases, B-glicosidades e xilanases. O produto contendo enzima foi aplicado na base de 5,33 g/t MV, diluído juntamente com o aditivo microbiano, em 2,2 L/t de água deionizada.

A aplicação dos aditivos foi realizada usando pulverizadores manuais de 5 e 10 L, da marca BRUDDEN[®], regulados para alta vazão e baixa pressão, em função da velocidade de enchimento do silo.

Após o enchimento total, a abertura frontal dos silos foi vedada, dobrando-se a lona plástica e colocando-se sacos de areia sobre toda a extensão.

5.2.3.1 Abertura dos silos e avaliações

No momento da abertura, após 92 dias de estocagem, foram retiradas amostras das silagens para determinações de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB), usadas

no balanceamento das rações experimentais. No momento da abertura, a avaliação visual indicou perdas reduzidas de material deteriorado no painel, em função da adequada vedação proporcionada pelos silos utilizados, e em seguida as silagens começaram a ser utilizadas nas rações de adaptação dos animais.

A densidade de massa verde nos silos foi avaliada mediante retirada de um cilindro de área conhecida do painel do silo. Para isso, era introduzido na massa ensilada, através de rotação, um tubo de PVC com 19,6 cm de diâmetro e 30 cm de comprimento úteis ($0,021\text{m}^3$), com bordo cortante serrilhado, capaz de retirar a massa de forragem sem exercer deformação ou alteração na densidade desta. Esse método foi adotado em virtude da dificuldade de se proceder a avaliação tradicional de densidade (retirada de “cubos”), devido à baixa densidade obtida nos silos tubulares.

Durante o período experimental, semanalmente eram retirados dois cilindros de cada silo (duplicatas) para a avaliação da densidade. A massa recolhida no tubo era pesada e os dados de densidade eram extrapolados para kg MV ou MS/ m^3 de silo. Da forragem recolhida de cada silo, eram tomadas amostras para determinação de tamanho médio de partículas e composição químico-bromatológica.

A espessura da camada retirada diariamente do silo foi calculada pela média semanal de avanço na face exposta do painel do silo, em centímetros, obtida mediante marcações realizadas na parte externa da lona.

5.2.3.2 Estimativa de perdas de painel nos silos tubulares

A perda de painel foi computada pela pesagem diária de todo o material considerado deteriorado, durante a retirada da silagem para alimentar os animais, com base em avaliação sensorial. Essa perda de painel foi expressa como percentagem do total de forragem retirado do silo.

5.2.4 Animais utilizados, instalações e rações experimentais

Foram utilizados 56 tourinhos (24 Canchim e 32 Nelore), com idade variando entre 15 e 18 meses, e peso médio inicial de 426 ± 54 kg (Nelore) e 513 ± 43 kg

(Canchim), provenientes do rebanho de seleção da própria ESALQ. Os animais foram alocados em baias coletivas, com dois ou três animais, distribuídos em blocos com base nos critérios de raça e peso vivo inicial, da seguinte forma:

- Bloco Nelore pesado (492,2 kg – dois animais por baia);
- Bloco Nelore médio (435,3 kg – três animais por baia);
- Bloco Nelore leve (372,6 kg – três animais por baia);
- Bloco Canchim pesado (545,4 kg – três animais por baia);
- Bloco Canchim leve (480,5 kg – três animais por baia).

Dentro de cada bloco, os animais foram alocados nas baias de forma a se obter a menor variação possível entre os pesos médios das baias, dentro da amplitude de peso observada.

Ao início do período de adaptação, os animais foram pesados, vermifugados e receberam aplicação subcutânea de complexo vitamínico ADE. Os animais foram alocados nas baias e receberam as rações dos respectivos tratamentos.

Ao início do período de avaliação, os animais foram novamente pesados e iniciou-se a coleta de amostras das silagens, rações totais e sobras. Foram realizadas duas pesagens intermediárias, aos 28 e 56 dias, para acompanhamento do desenvolvimento dos animais, e uma pesagem final aos 84 dias de experimento. Antes de cada pesagem os animais permaneceram em jejum alimentar por 12 horas.

As instalações consistiram em 20 baias coletivas com 21 m² cada, providas de piso concretado, bebedouro automático e comedouro de alvenaria, com metade da área coberta. Semanalmente o piso das baias era raspado e os bebedores limpos.

As rações experimentais foram formuladas com base na composição em matéria seca, usando-se as exigências dos animais segundo o NRC Gado de Corte (1996), para conter 66% de NDT e 11,9% de PB, visando taxas de ganho de peso de 1,1 kg/animal/dia. Considerou-se no balanceamento o valor hipotético de 53% de NDT para as silagens, com base na experiência prévia.

As rações experimentais dos quatro tratamentos foram compostas, com base em MS, por: 45,8% de silagem de cana-de-açúcar; 31,4% de polpa cítrica peletizada; 20,3% de farelo de glúten de milho com 23% PB (Refinazil[®]); 1,4% de uréia; 1,1% de mistura mineral. A mistura mineral usada foi formulada para conter: 4,0% de Na; 6,5%

de S; 9,0 ppm de Co; 1000 ppm de Cu; 600 ppm de Mn; 2500 ppm de Zn; 50 ppm de I; 10 ppm de Se; 350000 UI vit. A; 30000 UI vit. D; 1800 UI vit. D; 2,5% monensina sódica. Cálcio e fósforo não foram adicionados ao suplemento mineral, por estarem presentes em quantidades adequadas nos concentrados.

Diariamente, os ingredientes concentrados eram pesados em balança digital (MARTE[®], 50 kg), com precisão de 0,1 kg, e a mistura com a silagem era realizada diretamente no vagão forrageiro marca SILTOMAC[®] Ração Total 203, com capacidade para 1500 kg e sistema de mistura por barras horizontais.

A análise bromatológica dos ingredientes concentrados mostrou teores médios de 90,8 e 90,9% de MS; 4,5 e 5,2% de cinzas; 32,9 e 52,0% de FDN; 19,7 e 13,5% de FDA; 7,2 e 23,6% de PB, para a polpa cítrica peletizada e o farelo de glúten de milho, respectivamente.

Os animais receberam as rações experimentais em mistura total *ad libitum*, uma vez ao dia, no período da manhã, em quantidade suficiente para permitir cerca de 10% de sobras.

As quantidades de ração fornecida, bem como as sobras, eram quantificadas diariamente, para cálculo e ajuste da ingestão de MS dos animais.

O cálculo da ração efetivamente consumida foi realizado descontando-se o teor proporcional de nutrientes das sobras, da composição de nutrientes na ração fornecida.

5.2.5 Amostragem das forragens na ensilagem

Durante a ensilagem foram colhidas amostras de cada caminhão que chegava ao silo, que foram acondicionadas em sacos plásticos e mantidas sob refrigeração. Ao fim do dia essas amostras foram homogeneizadas e tomou-se três amostras compostas por tratamento. A primeira foi acondicionada em saco de papel com a tara registrada previamente, e levada à estufa de ventilação forçada a 55 °C, por 72 horas. Uma segunda amostra foi acondicionada em saco plástico identificado e mantida congelada a -20 °C para confecção de extrato aquoso. A terceira amostra foi acondicionada em saco plástico e congelada, para posterior determinação do tamanho médio de partículas.

A composição químico-bromatológica e física da cana-de-açúcar usada na ensilagem está apresentada na tabela 32.

Tabela 32 - Composição químico-bromatológica e física da cana-de-açúcar fresca, antes da ensilagem

Variáveis ²	Tratamentos ¹				Média
	Controle	BLB	ALB	ALB+E	
MS, %	35,3	32,6	31,0	33,7	33,2
Cinzas, % MS	2,17	1,95	2,89	2,34	2,34
FDN, % MS	48,5	50,9	50,3	51,3	50,2
FDA, % MS	29,9	28,8	28,7	28,7	29,0
Hemicelulose, % MS	18,6	22,1	21,6	22,6	21,2
PB, % MS	4,03	3,94	4,29	4,17	4,11
DVIVMS, % MS	60,6	60,2	64,1	61,1	61,5
DVIVMO, % MS	61,1	60,5	64,7	61,6	62,0
CHOs, % MS	23,4	24,8	27,0	25,6	25,2
Etanol, % MS	0,17	0,03	0,14	0,04	0,09
pH	6,01	6,18	6,08	6,22	6,12
TMP, cm	1,61	1,43	1,37	1,42	1,46

¹ Controle - silagem sem aditivos; BLB – silagem aditivada com *L. buchneri* (5×10^4 UFC/g MV); ALB – silagem aditivada com *L. buchneri* (1×10^5 UFC/g MV); ALB+E – silagem aditivada com *L. buchneri* (1×10^5 UFC/g MV) e enzima fibrolítica.

² CHOs - carboidratos solúveis; TMP – tamanho médio de partículas (cm).

5.2.6 Amostras de silagens, concentrados, rações totais e sobras

As silagens foram amostradas semanalmente, sendo as alíquotas colhidas da forragem proveniente do cilindro retirado para avaliação de densidade (item 5.2.3.1), na camada de 0 a 30 cm do painel do silo. Da forragem de cada silo eram retiradas três amostras. Uma foi acondicionada em saco de papel com a tara registrada previamente, e levada à estufa de ventilação forçada a 55 °C, por 72 horas, para determinação de MS e composição bromatológica. Uma segunda amostra foi acondicionada em saco plástico identificado e mantida congelada a -20 °C para confecção de extrato aquoso,

no qual foram medidos carboidratos solúveis, ácidos graxos voláteis e pH. A terceira amostra foi acondicionada em saco plástico e congelada, para posterior determinação do tamanho médio de partículas.

Uma vez por semana, uma amostra da ração em mistura total era retirada diretamente do cocho, individualmente para cada baia, logo após o fornecimento. Da mesma forma, as sobras de cocho foram amostradas semanalmente, fixadas em 20% do resíduo total diário. Ambas as amostras foram acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa de ventilação forçada a 55 °C, por 72 horas.

Os ingredientes concentrados (polpa cítrica peletizada e farelo de glúten de milho) foram amostrados semanalmente, em aproximadamente 50 g por coleta, e armazenados em sacos plásticos identificados e vedados. Ao final do experimento, essas amostras foram homogeneizadas, retirando-se uma amostra composta, que foi moída em moinho tipo Wiley provido de peneira de 1 mm, para determinações bromatológicas.

As amostras de rações totais e sobras, após secas em estufa e moídas, foram homogeneizadas e sub-amostradas por baia. Os dados de ingestão de MS e nutrientes foram calculados usando-se valores de ingestão média das baias e de composição de nutrientes analisados nas amostras, usando a baia como unidade experimental.

Os dados de composição químico-bromatológica das silagens foram avaliados individualmente, por silo e semana de coleta, como medidas repetidas no tempo.

5.2.7 Análises químico-bromatológicas e físicas

5.2.7.1 Rações totais, silagens, concentrados e sobras

As amostras de rações totais, silagens, concentrados e sobras, após serem secas em estufa (SILVA, 1981), foram moídas em moinho tipo Wiley providos de peneira de 1 mm, e armazenadas em sacos plásticos para determinações químico-bromatológicas. Foram realizadas análises convencionais de MS e cinzas (AOAC, 1990). O teor de PB foi obtido mediante combustão das amostras segundo método

Dumas, usando-se um auto-analisador de nitrogênio marca LECO[®], modelo FP-528 (WILES; GRAY; KISSLING, 1998).

Os teores de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) foram obtidos através do método seqüencial usando-se ANKOM Fiber Analyzer (ANKOM[®] Technology Corp.), descrito por Holden (1999). O teor de hemicelulose foi calculado como a diferença entre os teores observados de FDN e FDA.

Com exceção das sobras, as demais amostras também foram submetidas à avaliação da digestibilidade verdadeira *in vitro* da MS (DVIVMS) e da matéria orgânica (DVIVMO) em tubos, segundo método descrito por Tilley e Terry (1963) modificado por Goering e Van Soest (1970).

As amostras de silagem mantidas congeladas com umidade original foram usadas para obtenção de extrato aquoso (KUNG Jr. et al., 1984), usando-se uma alíquota de 25 g de silagem, que foi processada em liquidificador industrial com 225 mL de água deionizada, por um minuto. O valor de pH foi medido e o extrato foi filtrado em papel de filtro Whatman[®] 54, centrifugado, pipetado e armazenado em tubos tipo Eppendorf de 1,5 mL, mantidos em congelador a -20 °C.

Os extratos foram usados para determinação de carboidratos solúveis por espectrofotometria com leitura em 490 nm (DUBOIS et al., 1956); ácido láctico por espectrofotometria com leitura em 565 nm (Adaptado de PRYCE, 1969), ambos usando um espectrofotômetro JENWAY-6405 UV/VIS[®].

Ácidos graxos voláteis (AGV) no extrato (ácidos acético, propiônico e butírico) foram determinados em cromatógrafo líquido-gasoso (PALMIQUIST; CONRAD, 1971), CLG (Hewlett Packard[®] 5890 series II), equipado com braço mecânico HP Integrator 3396 série II (Hewlett Packard Company[®]). O gás de arraste e os comburentes foram nitrogênio, hidrogênio e oxigênio, respectivamente, nas vazões de 20, 30 e 400 mL/min. As temperaturas do injetor, do detector e da coluna foram de 150, 190 e 115 °C, respectivamente.

Na determinação usou-se 800 µL de extrato da silagem acondicionado em frasco apropriado, juntamente com 200 µL de ácido fórmico e 100 µL de padrão interno. Esse padrão foi preparado com uma solução de ácido 2-etilbutírico, tomando-se 1,1615 mL

deste e diluindo-o em 10 mL de etanol e água deionizada. A cada 10 frascos de amostras lidas, um frasco de padrão externo com concentrações conhecidas de ácidos de interesse foi introduzido, sendo que a diferença entre as concentrações conhecidas desses ácidos e suas leituras gerou um fator de correção aplicado às outras amostras.

O teor de etanol foi determinado usando-se um analisador bioquímico YSI 2700 Select[®], provido de membrana com enzima imobilizada. Após calibrado com soluções padronizadas de etanol, o aparelho forneceu leitura direta da concentração, em g/L.

5.2.7.2 Tamanho médio de partículas

O tamanho médio de partículas (TMP) na forragem usada para ensilagem, bem como nas silagens, foi calculado com base na metodologia da estratificação em peneiras conforme descrito pelo método *Penn State Particle Size Separator* (LAMMERS; BUCHMASTER; HEINRICH, 1996) adaptado (MARI e NUSSIO, 2002). O método adaptado consiste de três peneiras, com diâmetros de 38; 18,9 e 7,8 mm e uma caixa de fundo. A amostra é estratificada através de agitações sistematizadas e o TMP é determinado mediante cálculo ponderal da massa retida e do tamanho médio das partículas em cada peneira. Para isso, o comprimento médio das partículas retidas na peneira superior e no fundo, em centímetros, foram determinados por medição direta. O cálculo ponderal é feito para a porção retida em cada peneira, ou seja, partículas maiores que 38 mm, entre 38 e 18,9 mm, entre 18,9 e 7,8 mm e menores que 7,8 mm.

5.2.8 Estabilidade aeróbia das silagens e rações totais

Simultaneamente ao ensaio de desempenho, foi realizado um ensaio de avaliação da estabilidade aeróbia das silagens, individualmente, ou misturadas aos ingredientes concentrados, na mesma proporção das rações fornecidas aos animais, com o objetivo de estimar a estabilidade das silagens no painel do silo e das rações no cocho. As silagens foram retiradas à cerca de um metro de profundidade do painel do silo, ao fim do experimento de desempenho.

O ensaio de estabilidade aeróbia foi realizado seguindo a metodologia proposta por Kung Jr. et al. (2000), em delineamento inteiramente casualizado, com oito tratamentos (fatorial 4x2) e três repetições, totalizando 24 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi constituída de um balde plástico de 20 L, preenchido com aproximadamente 4 kg de forragem, provido de termômetro acoplado no centro da massa e mantido em sala fechada, sob temperatura ambiente, por 10 dias. A sala utilizada abrigava as estufas de circulação forçada para secagem de amostras, o que amenizou a amplitude de variação na temperatura ambiente entre os períodos diurnos e noturnos.

Os tratamentos avaliados foram as silagens Controle, BLB, ALB e ALB+E, conforme item 5.2.3, retiradas dos silos tubulares, exclusivas ou associadas aos ingredientes concentrados, conforme item 5.2.4.

As leituras de temperatura e peso dos baldes foram realizadas duas vezes ao dia, às 08:00 e as 20:00 horas, durante os dez dias de avaliação.

No primeiro, no quinto e no décimo dia foram coletadas amostras de cerca de 150g de cada um dos baldes, para determinação de MS, em estufa de circulação forçada de ar à 55°C por 72 horas.

Diariamente foram coletadas amostras de 25 g, para determinação do pH, em potenciômetro digital. O peso de todas as amostras retiradas foi computado à massa de forragem no balde, para determinação das perdas de MS.

As variáveis avaliadas de estabilidade aeróbia, como proposto por O'Kiely; Clancy e Doyle (2001), foram: número de horas para elevação da temperatura em 2°C (H2°C); número de dias para se atingir a temperatura máxima (DTmax.); temperatura máxima atingida pela massa (Tmax); soma das médias diárias de temperatura acumuladas de 0 a 5 (ST0-5) e de 0 a 10 dias (ST0-10); pH máximo alcançado pela amostra (pHmax); número de dias para se atingir o pH máximo (DpHmax.); perda de MS de 0 a 5 (PMS0-5) e 0 a 10 dias (PMS0-10).

Todas as variáveis de temperatura foram calculadas usando-se a diferença da temperatura da massa de forragens em relação à temperatura do ambiente. Essa temperatura ambiental foi medida usando-se um termômetro imerso em água, em uma caixa de isopor, para evitar-se variações bruscas nas leituras, conforme sugerido por

O'Kiely; Clancy e Doyle (2001). A amplitude de temperatura verificada no ambiente no decorrer do experimento foi de 19,2 à 26 °C.

5.2.9 Predições de ingestão, ganho de peso e valor energético das rações

A estimativa do valor energético das rações experimentais, bem como a predição da ingestão de MS e ganho de peso médio diário dos animais alimentados com essas rações foi realizada mediante programa computacional do NRC (NRC BEEF CATTLE REQUIREMENT SOFTWARE, 1996) para DOS, usando-se o nível 1 (tabular). Para alimentação do programa com dados de animais foram usados os seguintes parâmetros: *Grading System 2*; peso adulto de 520 e 570 kg, para os animais Nelore e Canchim, respectivamente. Para os parâmetros idade e peso médio observado no experimento, foram adotados valores médios de cada baia (unidade experimental), os quais foram usados para comparação de tratamentos. Para estimativa do valor energético das silagens (NDT), adotou-se os valores de NDT de 82% para a polpa cítrica peletizada e 80% para o farelo de glúten de milho.

O cálculo da energia líquida de manutenção (EL_m) e de ganho (EL_g) foi realizado segundo metodologia proposta por Zinn e Shen (1998), adaptada e descrita por Pereira (2005). Usando-se os valores de ingestão de MS (IMS) e ganho de peso médio diário (GPD) verificado para cada unidade experimental (baia), foram aplicadas as fórmulas a seguir, para estimativa das exigências energéticas de ganho (E_g) e de manutenção (E_m), em Mcal/dia.

$$E_g = [0,0493 PV^{0,75}] GPD^{1,097} \quad (9)$$

$$E_m = 0,077 PV^{0,75} \quad (10)$$

Calculadas as exigências energéticas relacionadas aos GPD (kg/dia) e aos pesos metabólicos dos animais ($PV^{0,75}$, kg) observados durante todo o experimento, calculou-se então a expectativa de concentração de energia líquida das rações (Mcal/kg de MS) para manutenção e ganho, conforme fórmulas 11 e 12.

$$EL_m = (-b - ((b^2) - (4ac))^{0,5}) / (2a) \quad (11)$$

$$a = -0,877 \text{ IMS}$$

$$b = 0,877 E_m + 0,41 \text{ IMS} + E_g$$

$$c = -0,41 E_m$$

$$EL_g = 0,877 EL_m - 0,41 \quad (12)$$

De posse desses valores foram calculadas as relações entre as concentrações de energia observada e esperada, sendo a energia observada o valor calculado com base nas formulas descritas, usando-se valores observados de peso vivo, ganho de peso médio e ingestão. A concentração de energia esperada foi definida como o valor calculado mediante equações do programa NRC (1996), usando-se dados de composição bromatológica das silagens e ingredientes concentrados, juntamente com valores prováveis “teóricos” para os componentes exigidos pelo programa que não foram determinados nas análises do presente ensaio. Para todas as simulações, a variável NDT das silagens foi assumida como os valores de DVIVMS (tabela 33), para a alimentação do banco de dados do programa.

5.2.10 Comportamento ingestivo

No quadragésimo oitavo dia experimento foi realizada observação do comportamento ingestivo dos animais, por 24 horas. As observações tiveram início imediatamente após o fornecimento da ração pelo vagão forrageiro, individualmente para cada baia.

Durante o período da noite as luzes foram mantidas apagadas, para evitar-se alterações comportamentais, e as observações foram realizadas mediante iluminação com lanterna, com incidência indireta do feixe luminoso sobre o animal sobre o animal.

Os parâmetros avaliados em intervalos fixos de dez minutos foram: tempo total de ingestão de alimento, ingestão de água, ruminação ou ócio (MAEKAWA; BEAUCHEMIN; CHRISTENSEN, 2002).

Os cálculos das atividades comportamentais foram realizados em minutos por dia, assumindo que nos dez minutos seguintes a cada observação o animal

permaneceu na mesma atividade. O tempo total de mastigação foi determinado somando-se o tempo de ingestão de alimento com o tempo de ruminação (MAEKAWA; BEAUCHEMIN; CHRISTENSEN, 2002; KONONOFF; HEIRINCHS; LEHMAN, 2003).

Da mesma forma, foram calculados os tempos totais de ingestão, ruminação, mastigação e ócio, nas seis horas iniciais após o fornecimento das rações completas, por considerar essa fase como crítica, em virtude da possibilidade de maior concentração de compostos voláteis presentes na ração nesse período.

Usando-se os dados de ingestão (kg de MS e kg de FDN) verificados no dia da realização de cada avaliação de comportamento, para a média de cada baia, foram calculados os tempos relativos de ingestão, ruminação e mastigação (minutos por kg de MS ou FDN). Por ser a ingestão avaliada como média dos animais da baia, todas as atividades de comportamento ingestivo, da mesma forma, foram calculadas como média de animais de cada baia, sendo a baia a unidade experimental.

5.2.11 Análise estatística

A análise estatística dos dados de ingestão, ganho de peso, conversão alimentar e comportamento ingestivo foi realizada para um delineamento experimental em blocos completos casualizados. Os dados de composição de rações, silagens e estabilidade aeróbia foram analisados em delineamento inteiramente casualizado. Os dados foram analisados usando-se o programa estatístico SAS[®], versão 6.12 para Windows[®] (SAS, 1996).

Para comparação das médias de composição de ração fornecida, ração consumida, e estabilidade aeróbia foi usado o teste Tukey, mediante PROC GLM do SAS.

Para comparação das médias de ingestão de MS, ganho de peso, conversão alimentar e comportamento ingestivo, foi usado o teste de Tukey-Kramer, mediante procedimento PROC MIXED do SAS, considerando-se que os efeitos de animais são aleatórios, o que compõe um modelo misto. Da mesma forma, a composição químico-bromatológica das silagens, bem como variáveis avaliadas no silo, tiveram suas médias comparadas pelo PROC MIXED, como avaliações repetidas no tempo.

5.3 Resultados

5.3.1 Composição químico-bromatológica das silagens e das rações experimentais

5.3.1.1 Silagens

Na tabela 33 são apresentadas as variáveis de composição químico-bromatológica das silagens de cana, com ou sem adição de *L. buchneri* (LB) na ensilagem. As variáveis teor de FDA, teor de ácido láctico e pH sofreram efeito significativo da semana de amostragem. Apenas o valor de pH mostrou efeito de interação entre tratamento e semana de amostragem, dentre os parâmetros avaliados.

O teor de MS das silagens não foi influenciado pelos tratamentos impostos à forragem, e apresentou valor médio de 34,0%. As silagens dos tratamentos com alta dose da bactéria aplicada (ALB e ALB+E) apresentaram teores mais altos de fração mineral (cinzas), em relação aos demais tratamentos.

Os teores de componentes estruturais (FDN e FDA) foram influenciados por tratamentos. A silagem inoculada com a dose baixa de LB (BLB) apresentou os menores valores de FDN e FDA, que não diferiram entre os demais tratamentos. O teor estimado de hemicelulose não diferiu entre os tratamentos estudados, apresentando valor médio de 18,9%.

De modo similar ao ocorrido com o teor de cinzas, o teor de proteína bruta (PB) das silagens apresentou diferença estatística entre tratamentos, embora biologicamente as diferenças encontradas sejam pouco expressivas. O mesmo comportamento foi verificado para a variável pH, onde os valores variaram entre 3,44 e 3,65.

A digestibilidade *in vitro*, tanto da MS, quanto da MO, foi maior no tratamento BLB (56,8% para MS e 56,7% para MO), em relação aos demais, que não diferiram entre si (média de 54,4% para MS e MO).

O teor de carboidratos solúveis (CHOs) das silagens não diferiu entre os tratamentos aplicados na ensilagem, apresentando teor médio de 12,7% da MS.

Tabela 33 - Composição químico-bromatológica das silagens de cana-de-açúcar

Variáveis ²	Tratamentos ¹				Média	EPM	Efeitos ³		
	Controle	BLB	ALB	ALB+E			T	S	T x S
MS, %	33,7	35,1	33,7	33,6	34,0	0,55	ns	ns	Ns
Cinzas, % MS	2,11 ^b	1,99 ^b	2,33 ^{ab}	2,60 ^a	2,26	0,11	**	ns	Ns
FDN, % MS	56,7 ^{ab}	53,9 ^b	57,5 ^a	57,3 ^a	56,4	0,84	*	ns	Ns
FDA, % MS	38,1 ^a	36,2 ^b	37,9 ^a	37,5 ^{ab}	37,4	0,45	*	*	Ns
Hemicelulose, % MS	18,6	17,7	19,6	19,9	18,9	0,74	ns	ns	Ns
PB, % MS	3,77 ^{ab}	3,46 ^b	3,62 ^{ab}	3,84 ^a	3,67	0,09	*	ns	Ns
DVIVMS, % MS	55,1 ^b	56,8 ^a	54,0 ^b	54,2 ^b	55,0	0,42	**	ns	Ns
DVIVMO, % MS	55,0 ^b	56,7 ^a	54,0 ^b	54,2 ^b	55,0	0,42	*	ns	Ns
CHOs, % MS	13,6	12,1	11,8	13,1	12,7	0,75	ns	ns	Ns
pH	3,65 ^a	3,59 ^{ab}	3,44 ^b	3,49 ^{ab}	3,54	0,05	*	**	*
Etanol, % MS	1,53 ^a	0,42 ^b	0,46 ^b	0,46 ^b	0,72	0,18	**	ns	Ns
Ác. láctico, % MS	1,88	2,32	2,63	2,23	2,26	0,28	ns	*	Ns
Ác. acético, % MS	2,41	2,81	3,55	3,15	2,98	0,30	ns	ns	Ns
Ác. propiônico, % MS	0,15	0,10	0,15	0,13	0,13	0,03	ns	ns	Ns
Ác. butírico, % MS	0,06	0,04	0,04	0,02	0,04	0,01	ns	ns	Ns

¹ Controle - silagem sem aditivos; BLB – silagem aditivada com *L. buchneri* (5×10^4 UFC/g MV); ALB – silagem aditivada com *L. buchneri* (1×10^5 UFC/g MV); ALB+E – silagem aditivada com *L. buchneri* (1×10^5 UFC/g MV) e enzima fibrolítica.

² CHOs - carboidratos solúveis; TMP – tamanho médio de partículas (cm).

³ Efeitos: T – tratamentos; S – semana de amostragem; T x S – interação tratamento e semana.

Médias seguidas de letras diferentes, na linha, são estatisticamente diferentes pelo teste ajustado de Tukey-Kramer. (* P<0,05; ** P<0,01).

O teor de etanol das silagens foi significativamente afetado pelos tratamentos impostos à forragem, com maior valor (1,53% da MS) para a silagem confeccionada sem aditivos (Controle), em relação às silagens aditivadas, que não diferiram entre si e apresentaram valor médio de 0,45% da MS.

Os teores de ácidos graxos voláteis das silagens não foram afetados significativamente pelos tratamentos testados. A silagem controle apresentou tendência de valores mais baixos para teores de ácido láctico e acético (P<0,15). Os valores

médios verificados para os ácidos láctico, acético, propiônico e butírico foram 2,26; 2,98; 0,13 e 0,04% da MS, respectivamente.

5.3.1.2 Rações experimentais

Na tabela 34 está apresentada a composição químico-bromatológica média das rações experimentais fornecidas aos animais no presente ensaio de avaliação de desempenho.

Conforme esperado, a composição das rações experimentais não variou entre tratamentos, com exceção dos componentes fibrosos (FDN e FDA), que foram mais elevados para as rações contendo silagens do tratamento controle, em relação às rações contendo silagens aditivadas com LB.

As rações apresentaram teor médio de PB de 13,6% e médias de digestibilidade *in vitro* de 67,2% para MS e 67,8% para MO. Os teores médios verificados para MS e cinzas foram de 44,9 e 4,72%, respectivamente.

Tabela 34 - Composição químico-bromatológica das rações experimentais fornecidas aos animais

Variáveis	Tratamentos ¹				Média	EPM
	Controle	BLB	ALB	ALB+E		
MS, %	44,1	45,4	45,2	44,9	44,9	0,44
Cinzas, % MS	4,70	4,61	4,74	4,83	4,72	0,83
FDN, % MS	48,9 ^a	45,2 ^b	45,1 ^b	46,1 ^b	46,3	0,46
FDA, % MS	28,8 ^a	25,5 ^b	25,4 ^b	25,9 ^b	26,4	0,42
PB, % MS	14,0	13,4	13,4	13,6	13,6	0,27
DVIVMS, % MS	65,4	67,1	69,0	67,3	67,2	0,99
DVIVMO, % MS	66,0	67,7	69,5	68,0	67,8	1,02

¹ Controle – silagem sem aditivos; BLB – silagem aditivada com *L. buchneri* (5×10^4 UFC/g MV); ALB – silagem aditivada com *L. buchneri* (1×10^5 UFC/g MV); ALB+E – silagem aditivada com *L. buchneri* (1×10^5 UFC/g MV) e enzima fibrolítica.

Médias seguidas de letras diferentes, na linha, são estatisticamente diferentes pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

A composição estimada para as rações efetivamente consumidas, estimadas com base na subtração do teor de nutrientes presentes nas sobras, em relação às rações fornecidas, é apresentada na tabela 35.

Novamente, apenas os teores de FDN e FDA foram diferentes entre tratamentos, sendo superiores para o tratamento com silagem controle (47,9% para FDN e 27,9% para FDA), em relação aos demais (média de 44,7 e 25,15, para FDN e FDA).

Os valores médios verificados para os teores de MS, cinzas e PB foram de 44,7; 4,77 e 13,7%, respectivamente.

Tabela 35 - Composição químico-bromatológica das rações experimentais efetivamente consumidas pelos animais

Variáveis	Tratamentos ¹				Média	EPM
	Controle	BLB	ALB	ALB+E		
MS, %	43,8	45,1	45,0	44,7	44,7	0,52
Cinzas, % MS	4,77	4,65	4,78	4,87	4,77	0,09
FDN, % MS	47,9 ^a	44,5 ^b	44,5 ^b	45,2 ^b	45,4	0,53
FDA, % MS	27,9 ^a	25,1 ^b	25,0 ^b	25,3 ^b	25,7	0,56
PB, % MS	14,2	13,4	13,5	13,6	13,7	0,28

¹ Controle - silagem sem aditivos; BLB – silagem aditivada com *L. buchneri* (5×10^4 UFC/g MV); ALB – silagem aditivada com *L. buchneri* (1×10^5 UFC/g MV); ALB+E – silagem aditivada com *L. buchneri* (1×10^5 UFC/g MV) e enzima fibrolítica. Médias seguidas de letras diferentes, na linha, são estatisticamente diferentes pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

5.3.2 Parâmetros físicos e perdas nos silos

Não foi verificado efeito significativo de semana de amostragem nem de interação tratamento x semana de amostragem, para as variáveis de parâmetros físicos e perdas de MV no painel do silo para as silagens de cana-de-açúcar armazenadas em silos tubulares (tabela 36).

Das variáveis avaliadas, apenas a estimativa de perda de forragem deteriorada no painel dos silos (% MV total retirado diariamente) foi influenciada pelos tratamentos impostos à forragem. A silagem controle e a silagem com dose alta de LB (ALB) foram

as que promoveram as menores perdas de painel (4,06 e 7,57% da forragem retirada total), em relação aos tratamentos BLB e ALB+E, que perderam respectivamente 13,0 e 15,2% da MV total.

As silagens apresentaram tamanho médio de partículas (TMP) de 1,4 cm. As densidades médias observadas nos silos foram de 377,6 kg MV/m³ e 128,8 kg MS/m³. A espessura média retirada dos silos foi de 9,5 cm, para uma quantidade média de silagem retirada diariamente de 180,6 kg.

Tabela 36 - Densidade, tamanho médio de partículas e perda de material deteriorado no painel do silo

Variáveis ²	Tratamentos ¹				Média	EPM
	Controle	BLB	ALB	ALB+E		
TMP, cm	1,41	1,38	1,39	1,41	1,40	0,04
Densidade, kg MV/m ³	377,6	398,9	360,0	374,1	377,6	17,5
Densidade, kg MS/m ³	127,3	140,1	121,1	126,5	128,8	6,64
Perdas painel, % total	4,06 ^b	13,0 ^a	7,57 ^b	15,2 ^a	9,97	1,36
Espessura, cm/dia	11,0	8,70	8,60	9,80	9,52	2,24

¹ Controle - silagem sem aditivos; BLB - silagem aditivada com *L. buchneri* (5x10⁴ UFC/g MV); ALB - silagem aditivada com *L. buchneri* (1x10⁵ UFC/g MV); ALB+E - silagem aditivada com *L. buchneri* (1x10⁵ UFC/g MV) e enzima fibrolítica.

² TMP - tamanho médio de partículas (cm).

Médias seguidas de letras diferentes, na linha, são estatisticamente diferentes pelo teste ajustado de Tukey-Kramer. (P<0,05).

5.3.3 Estabilidade aeróbia das silagens e rações

Na tabela 37 são apresentadas as variáveis associadas à estabilidade aeróbia das silagens de cana-de-açúcar, com e sem a adição dos ingredientes concentrados.

Todas as variáveis avaliadas foram influenciadas pelos tratamentos testados. Com exceção das variáveis dias para atingir temperatura máxima (Dtmax) e dias para atingir pH máximo (DpHmax), todas as demais apresentaram efeito significativo da adição de concentrados. Ainda, as variáveis temperatura máxima (Tmax), soma das temperaturas acumuladas de até o quinto dia (ST0-5) e até o décimo dia (ST0-10), além

da perda de MS até o décimo dia (PMS0-10), apresentaram efeito de interação entre tratamentos e adição de concentrados.

O número de horas para elevação da temperatura em 2 °C (H2°C), convencionalmente chamado de estabilidade aeróbia propriamente dita, apresentou valores mais elevados para as silagens BLB e ALB, sendo esse valor significativamente aumentado em decorrência da adição de ingredientes concentrados. Os tratamentos controle e ALB+E apresentaram menor estabilidade, mesmo com a adição de concentrados.

Para a variável DTmax, o menor tempo foi obtido para a silagem controle, que apresentou maior valor de temperatura após 1,6 dia de exposição ao ar. Os maiores valores de DTmax foram verificados para as silagens ALB e ALB+E acrescidas de concentrados, que apresentaram a temperatura máxima apenas no último dia de avaliação (9,3 dias). Os demais tratamentos apresentaram valores intermediários.

A temperatura máxima (Tmax) verificada na massa de forragem, descontando-se a temperatura do ambiente, foi maior para os tratamentos Controle, ALB+E e ALB+E com concentrados. Para os tratamentos controle, BLB e ALB, a adição de concentrados reduziu a temperatura máxima da massa.

Da mesma forma, as temperaturas acumuladas na massa (ST0-5 e ST0-10) foram menores para as silagens controle, BLB e ALB, quando adicionadas de concentrados, em relação às silagens exclusivas. Novamente, a adição de concentrados não apresentou efeito sobre a silagem do tratamento ALB+E.

Tabela 37 - Variáveis de temperatura, pH e perdas de MS associadas à estabilidade aeróbica de silagens de cana-de-açúcar, com ou sem adição de ingredientes concentrados

Variáveis ²	Tratamentos ¹								CV (%)	Efeitos ³	
	Sem concentrados				Com concentrados					C	CxT
	Controle	BLB	ALB	ALB+E	Controle	BLB	ALB	ALB+E			
H2°C, horas	0,00 ^c	14,4 ^c	55,2 ^{abc}	7,20 ^c	24,0 ^{bc}	96,0 ^a	79,2 ^{ab}	24,0 ^{bc}	22,1	*	NS
DTmax, dias	1,6 ^b	4,6 ^{ab}	6,6 ^{ab}	3,6 ^{ab}	4,3 ^{ab}	7,3 ^{ab}	9,3 ^a	9,3 ^a	16,4	NS	NS
Tmax, °C	22,3 ^a	17,3 ^{ab}	18,1 ^{ab}	21,5 ^a	7,3 ^c	4,1 ^c	10,6 ^{bc}	23,8 ^a	12,8	*	**
ST0-5, °C	74,6 ^a	51,0 ^b	41,8 ^b	61,0 ^{ab}	10,4 ^c	7,5 ^c	5,0 ^c	54,0 ^{ab}	13,6	**	**
ST0-10, °C	121,5 ^a	105,3 ^a	110,3 ^a	135,2 ^a	29,1 ^b	20,2 ^b	42,0 ^b	146,3 ^a	14,0	**	**
pHmax, pH	4,66 ^b	3,84 ^c	3,86 ^c	3,73 ^c	4,88 ^b	4,58 ^b	4,65 ^b	7,51 ^a	8,27	*	NS
DpHmax, dias	9,66 ^{ab}	3,00 ^b	6,66 ^{ab}	6,33 ^{ab}	9,33 ^{ab}	9,66 ^{ab}	9,00 ^{ab}	10,0 ^a	10,1	NS	NS
PMS0-5, % MS	12,8 ^a	11,4 ^{ab}	10,9 ^{ab}	11,7 ^{ab}	8,33 ^c	7,95 ^c	8,01 ^c	9,74 ^{bc}	16,5	*	NS
PMS0-10, % MS	19,8 ^a	17,0 ^a	18,6 ^a	19,5 ^a	10,2 ^b	9,4 ^b	10,3 ^b	17,7 ^a	16,9	**	**

¹ Controle - silagem sem aditivos; BLB – silagem aditivada com *L. buchneri* (5x10⁴ UFC/g MV); ALB – silagem aditivada com *L. buchneri* (1x10⁵ UFC/g MV); ALB+E – silagem aditivada com *L. buchneri* (1x10⁵ UFC/g MV) e enzima fibrolítica,

² H2°C - número de horas para elevação da temperatura em 2°C; DTmax - número de dias para atingir a temperatura máxima; Tmax - temperatura máxima atingida pela massa (°C); ST0-5 - soma das médias diárias de temperatura acumuladas de 0 a 5 dias; ST0-10 - soma das médias diárias de temperatura acumuladas de 0 a 10 dias; pHmax - pH máximo alcançado; DpHmax - número de dias para se atingir o pH máximo; PMS0-5 - perda de MS de 0 a 5 dias (% MS); PMS0-10 - perda de MS de 0 a 10 dias (% MS),

³ C – efeito de adição de concentrados; C x T – efeito da interação concentrados e tratamentos; * (P<0,05); ** (P<0,01); NS – não significativo.

Médias seguidas de letras diferentes, na linha, são estatisticamente diferentes pelo teste Tukey (P<0,05),

O valor máximo de pH (pHmax) foi verificado para o tratamento ALB+E acrescido de concentrado (7,51), enquanto para os demais tratamentos esse valor não ultrapassou 4,9. As silagens aditivadas permaneceram com pH abaixo de 4,0, enquanto a silagem controle apresentou valor máximo de pH de 4,66. A adição de concentrados elevou o pH máximo das silagens BLB e ALB.

O tempo necessário (dias) para se atingir o pH máximo não foi afetado pela adição de concentrado às silagens. A silagem BLB foi a que apresentou pico de pH mais rápido (3,0 dias), enquanto a silagem ALB+E acrescida de concentrado apresentou o maior valor de pH no último dia de avaliação (10,0 dias). Os demais tratamentos situaram-se em condições intermediárias, com valores entre 6,3 e 9,7 dias.

A perda de matéria seca observada até o quinto e até o décimo dia (PMS0-5 e PMS0-10) foi influenciada pela adição de concentrados às silagens. Os tratamentos controle, ALB+E e ALB+E adicionado de concentrado foram os que apresentaram as maiores perdas de MS. Em média, as perdas até o quinto dia representaram 60 e 40% das perdas totais de MS (PMS0-10), para as silagens sem e com concentrados, respectivamente. A adição de concentrados não foi eficaz em reduzir a perda de MS para a silagem ALB+E.

5.3.4 Desempenho dos animais

Não foi verificado efeito de raça, nem interação tratamento x raça para as variáveis de desempenho dos animais experimentais (tabela 38); assim são apresentados os resultados médios dos dois grupos raciais avaliados.

Não houve efeito significativo das rações testadas sobre a ingestão de MS pelos animais, embora tenha havido tendência ($P=0,19$) de maior ingestão para as rações contendo silagens inoculadas com LB, em relação à silagem controle. A ingestão média verificada foi de 8,58 kg MS/dia. Da mesma forma, a ingestão de MS, expressa em porcentagem do peso vivo (PV), também não diferiu entre os tratamentos avaliados, com valor médio de 1,68% do PV.

Tabela 38 - Ingestão, ganho de peso e conversão alimentar de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar

Variáveis	Tratamentos ¹				Média	EPM
	Controle	BLB	ALB	ALB+E		
Ingestão MS, kg/dia	7,78	8,84	8,99	8,70	8,58	0,37
Ingestão MS, %PV	1,58	1,71	1,75	1,69	1,68	0,05
Ganho de peso, kg/dia*	0,82 ^b	1,03 ^a	0,98 ^{ab}	1,00 ^a	0,96	0,06
Conversão alimentar**	9,71 ^a	8,66 ^b	9,32 ^{ab}	8,80 ^b	9,12	0,74

¹ Controle - silagem sem aditivos; BLB – silagem aditivada com *L. buchneri* (5×10^4 UFC/g MV); ALB – silagem aditivada com *L. buchneri* (1×10^5 UFC/g MV); ALB+E – silagem aditivada com *L. buchneri* (1×10^5 UFC/g MV) e enzima fibrolítica.

Médias seguidas de letras diferentes, na linha, são estatisticamente diferentes pelo teste ajustado de Tukey-Kramer: * (P<0,10); ** (P<0,05).

O ganho de peso vivo foi significativamente maior (P<0,10) para os animais que receberam rações contendo silagens dos tratamentos BLB e ALB+E (1,03 e 1,00 kg/dia), em relação à silagem controle (0,82 kg/dia). A ração contendo silagem do tratamento ALB propiciou ganho de peso intermediário (0,98 kg/dia). Em média, as silagens inoculadas com LB propiciaram ganho de peso diário superior (22%) ao ganho verificado nos animais consumindo ração contendo silagem controle.

A conversão alimentar (kg MS consumida/kg de ganho de peso), de forma semelhante à variável ganho de peso vivo, apresentou melhores valores para as rações dos tratamentos BLB e ALB+E (8,66 e 8,80), em relação ao controle (9,71). O tratamento ALB acarretou valor intermediário de conversão (9,32).

5.3.4.1 Predições de ingestão, ganho de peso e valor energético das rações

Na tabela 39 estão apresentadas estimativas do teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) das silagens de cana-de-açúcar, calculadas com base no programa NRC (1996), de forma que os ganhos de peso estimados pelo programa se equivalassem aos ganhos observados a campo, fixando-se a ingestão média de baía observada.

Observa-se que as silagens dos tratamentos BLB e ALB+E apresentaram as maiores estimativas de NDT (75,4%). A silagem ALB apresentou a menor estimativa de valor energético entre as silagens testadas (68,8%).

Tabela 39 - Estimativa do valor energético (NDT) das silagens de cana-de-açúcar através de simulação realizada pelo modelo NRC (1996)

	Tratamentos ¹				Média	EPM
	Controle	BLB	ALB	ALB+E		
Ganho de peso observado, kg	0,82	1,03	0,98	1,00	0,96	-
Ingestão de MS observada, kg	7,78	8,84	8,99	8,70	8,62	-
NDT ² estimado, %MS	72,0 ^{ab}	75,4 ^a	68,8 ^b	75,4 ^a	72,9	1,16

¹ Controle - silagem sem aditivos; BLB – silagem aditivada com *L. buchneri* (5×10^4 UFC/g MV); ALB – silagem aditivada com *L. buchneri* (1×10^5 UFC/g MV); ALB+E – silagem aditivada com *L. buchneri* (1×10^5 UFC/g MV) e enzima fibrolítica.

² NDT – Nutrientes digestíveis totais, NRC (1996).

Médias seguidas de letras diferentes, na linha, são estatisticamente diferentes pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

A figura 2 demonstra a representação gráfica da relação entre valores observados e preditos pelo NRC (1996), para as variáveis ingestão de MS e ganho de peso diário, estimados individualmente para cada unidade experimental (baia). Observa-se que, para a variável ingestão de MS, os valores preditos pelo programa estiveram acima dos valores observados a campo. Contudo, o ganho de peso observado nos animais experimentais foi superior ao ganho predito pelo NRC, para todas as observações.

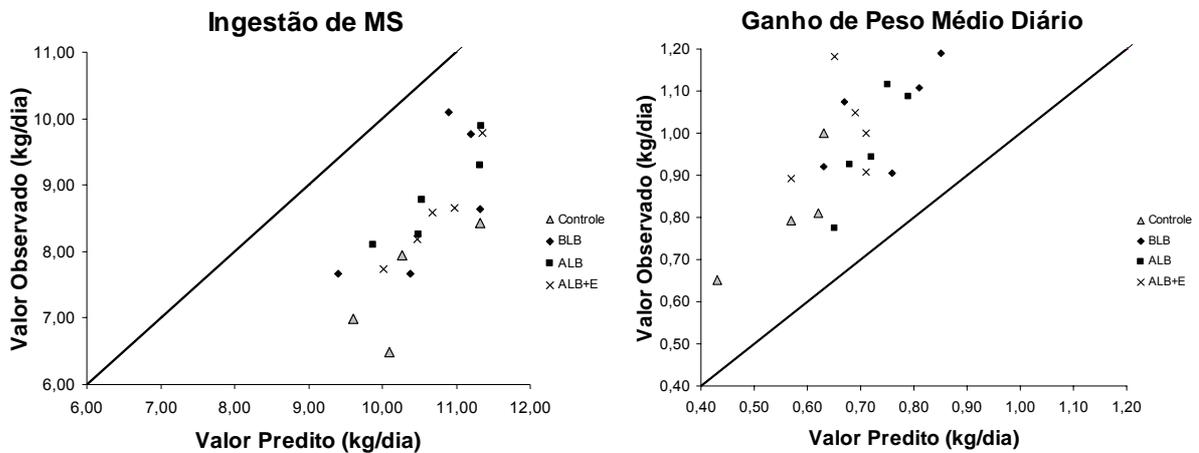


Figura 2 - Valores de ingestão de MS e ganho médio de peso (kg/dia), estimados pelo NRC (1996) e observados em tourinhos Nelore e Canchim alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar sem aditivos (controle) e aditivadas com *Lactobacillus buchneri* 5×10^4 (BLB); 1×10^5 (ALB) e 1×10^5 UFC/g MV + enzima fibrolítica (ALB+E)

Na tabela 40 estão apresentados os valores observados e esperados de energia líquida das rações experimentais, bem como a relação entre valores observados:esperados. Não foi verificado efeito significativo de tratamentos ou de raça sobre as variáveis. Os valores de EL esperada não foram comparados estatisticamente, por não possuir repetições para cada tratamento.

Os valores observados, determinados com base nas equações propostas por Zinn e Shen (1998), foram superiores aos valores esperados, deduzidos pelo modelo de equações do NRC (1996), tanto para manutenção quanto para ganho. Em média, a relação entre EL observada e esperada foi de 1,08 para manutenção e 1,29 para o ganho de peso.

Tabela 40 - Valores de energia líquida das rações experimentais

	Tratamentos ¹				Média	EPM
	Controle	BLB	ALB	ALB+E		
EL observada (Mcal/kg)						
Manutenção	1,85	1,89	1,80	1,90	1,86	0,04
Ganho	1,21	1,25	1,17	1,25	1,22	0,04
EL esperada (Mcal/kg)						
Manutenção	1,73	1,76	1,71	1,72	1,73	-
Ganho	0,95	0,98	0,94	0,94	0,95	-
Relação EL observada:esperada						
Manutenção	1,07	1,07	1,05	1,10	1,08	0,03
Ganho	1,28	1,27	1,24	1,33	1,29	0,04

¹ Controle - silagem sem aditivos; BLB – silagem aditivada com *L. buchneri* (5×10^4 UFC/g MV); ALB – silagem aditivada com *L. buchneri* (1×10^5 UFC/g MV); ALB+E – silagem aditivada com *L. buchneri* (1×10^5 UFC/g MV) e enzima fibrolítica.

5.3.5 Comportamento ingestivo

As variáveis associadas ao comportamento ingestivo dos animais alimentados com as rações experimentais, em minutos por dia, e minutos nas seis horas iniciais após o fornecimento das rações, estão apresentadas na tabela 41.

O efeito significativo de raça foi verificado apenas para a variável tempo de ingestão de água, onde os animais da raça Canchim despenderam, em média, 18,4 minutos/dia com essa atividade, e os da raça Nelore 10,4 minutos/dia. Não foi verificado efeito de tratamento sobre essa variável, que apresentou média de 14,5 minutos/dia.

O tempo total de ingestão de ração não foi influenciado pelos tratamentos testados, apresentando média de 209,5 minutos/dia.

O tempo total de ruminação foi influenciado significativamente ($P < 0,10$) pelos tratamentos testados. A ração contendo silagem inoculada com dose baixa de *L. buchneri* (BLB) acarretou menor tempo total de ruminação (504,7 minutos/dia) em relação aos demais tratamentos, que apresentaram tempo médio de ruminação de 554,1 minutos/dia.

O tempo total de mastigação, calculado como somatório do tempo despendido com ingestão e ruminação, e o tempo em ócio não foram afetados pelos tratamentos aplicados à forragem, apresentando valores médios de 751,2 e 674,3 minutos/dia, respectivamente.

O tempo de ócio no período total não variou em função do tratamento adotado, apresentando valor médio de 674,3 minutos/dia.

Tabela 41 - Comportamento ingestivo de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar

Variáveis	Tratamentos ¹				Média	EPM
	Controle	BLB	ALB	ALB+E		
	<i>Minutos/24 horas</i>					
Ingestão água	10,8	18,1	15,8	13,1	14,5	2,13
Ingestão Ração	227,8	214,2	186,7	209,4	209,5	13,9
Ruminação*	553,9 ^a	504,7 ^b	555,3 ^a	553,1 ^a	541,8	9,37
Mastigação	781,5	718,9	741,9	762,5	751,2	19,6
Ócio	647,4	703,0	682,2	664,4	674,3	19,7
	<i>Minutos/6 horas iniciais</i>					
Ingestão Ração	137,3	122,2	100,0	108,6	117,0	9,19
Ruminação*	108,1 ^a	84,4 ^b	100,8 ^{ab}	90,6 ^{ab}	96,0	5,48
Mastigação*	244,4 ^a	206,7 ^{ab}	200,8 ^b	199,2 ^b	212,8	10,3
Ócio*	113,0 ^b	148,6 ^{ab}	155,8 ^a	157,5 ^a	161,5	9,74

¹ Controle - silagem sem aditivos; BLB – silagem aditivada com *L. buchneri* (5×10^4 UFC/g MV); ALB – silagem aditivada com *L. buchneri* (1×10^5 UFC/g MV); ALB+E – silagem aditivada com *L. buchneri* (1×10^5 UFC/g MV) e enzima fibrolítica.

Médias seguidas de letras diferentes, na linha, são estatisticamente diferentes pelo teste ajustado de Tukey-Kramer: * (P<0,10); ** (P<0,05).

A avaliação nas seis horas iniciais, após o fornecimento das rações, buscou verificar de forma mais marcante o possível efeito de compostos voláteis das silagens sobre as variáveis de comportamento ingestivo dos animais.

O tempo de ingestão na fase inicial não foi diferente entre tratamentos, apresentando valor médio de 117,0 minutos/6 horas.

O tempo gasto com ruminação na fase inicial foi maior para animais recebendo a ração controle (108,1 minutos/6 horas) e menor para a ração BLB (84,4 minutos/6 horas), de forma semelhante ao tempo verificado para essa variável no período total de 24 horas.

Da mesma forma, o tempo de mastigação na fase inicial foi maior para o tratamento controle (244,4 minutos/6 horas) e menor para os tratamentos ALB e ALB+E, com média de 200 minutos/6 horas. De forma oposta, o tempo em ócio dos animais consumindo rações contendo silagem controle foi menor (113,0 minutos/6 horas) em relação ao tempo médio de ócio verificado nos animais consumindo rações contendo silagens inoculadas com LB (154,0 minutos/6 horas).

Na tabela 42 estão apresentados os tempos relativos de ingestão, ruminação e mastigação das rações avaliadas, verificadas nos animais experimentais, expressas em minutos/kg MS e minutos/kg FDN.

Tabela 42 - Tempos relativos de ingestão, ruminação e mastigação (minutos/kg MS e minutos/kg FDN) de bovinos alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar

Variáveis	Tratamentos ¹				Média	EPM
	Controle	BLB	ALB	ALB+E		
Minutos/kg MS						
Ingestão	31,1 ^a	23,2 ^{ab}	19,7 ^b	23,2 ^{ab}	24,3	2,22
Ruminação ^{**}	74,9 ^a	56,8 ^b	58,1 ^b	61,1 ^b	62,7	2,88
Mastigação [*]	106,4 ^a	80,0 ^b	77,9 ^b	84,4 ^b	87,2	4,72
Minutos/kg FDN						
Ingestão	63,2	51,1	43,8	50,2	52,1	4,66
Ruminação [*]	152,9 ^a	120,3 ^b	128,8 ^b	132,3 ^{ab}	133,6	5,28
Mastigação [*]	216,0 ^a	171,5 ^b	172,6 ^b	182,5 ^{ab}	185,7	9,22

¹ Controle - silagem sem aditivos; BLB - silagem aditivada com *L. buchneri* (5x10⁴ UFC/g MV); ALB - silagem aditivada com *L. buchneri* (1x10⁵ UFC/g MV); ALB+E - silagem aditivada com *L. buchneri* (1x10⁵ UFC/g MV) e enzima fibrolítica.

Médias seguidas de letras diferentes, na linha, são estatisticamente diferentes pelo teste ajustado de Tukey-Kramer: ^{*}(P<0,10); ^{**}(P<0,05).

Os animais que receberam rações contendo a silagem de cana-de-açúcar sem aditivos (controle) mantiveram-se mais tempo nas atividades de ingestão, ruminação e mastigação, por kg de MS ingerido, em relação aos demais tratamentos. Em média, os tempos relativos de ingestão, ruminação e mastigação foram 41, 28 e 32% maiores para a ração controle, respectivamente, em relação às demais.

O tempo relativo de ingestão, por kg de FDN não foi influenciado pelos tratamentos, apresentando média geral de 52,1 minutos/kg FDN ingerido.

Os tempos relativos de ruminação e mastigação, por kg de FDN ingerido, foram mais elevados para os tratamentos controle e ALB+E, em relação aos tratamentos BLB e ALB. Em média geral, os animais gastaram 133,6 e 185,7 minutos por kg de FDN ingerido, com atividade de ruminação e mastigação, respectivamente.

5.4 Discussão

5.4.1 Composição químico-bromatológica das silagens e das rações experimentais

5.4.1.1 Silagens

O teor de MS das silagens de cana-de-açúcar permaneceu inalterado após a ensilagem (tabelas 33 e 34), indicando que, conforme verificado no item 4.4.1.1 do capítulo anterior, as perdas de MS e de umidade nas silagens podem ter mantido magnitude semelhante.

A conversão de sacarose (glicose) à etanol e/ou ácido acético gera a formação de CO₂ (com perda de MS) e água metabólica (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991), fato que, teoricamente elevaria o teor de umidade nas silagens. Esse efeito é comumente observado em silagens de cana-de-açúcar confeccionadas em silos experimentais, sob condição ideal de vedação, onde o teor de umidade da forragem chega a ser incrementado em oito unidades percentuais (CASTRO NETO, 2003; SIQUEIRA, 2005). Em silos de grande escala esse efeito nem sempre é evidente, conforme pode-se observar avaliando os dados de Pedroso (2003) e Junqueira (2006),

que verificaram teores de MS semelhantes na cana fresca e nas silagens resultantes da conservação desta, em silos tipo poço.

O teor de matéria mineral (cinzas) verificado nas silagens (2,3%) pode ser considerado baixo, quando comparado ao valor médio de 7,2% observados nas silagens do experimento de digestão (item 4.4.1.1). Da mesma forma, esse valor médio é inferior ao teor de 6,1% verificado por Pedroso et al. (2006), e de 3,58% observado por Junqueira (2006), que trabalharam com variedades diferentes de cana-de-açúcar.

Os teores de componentes estruturais (FDN e FDA) foram elevados após a ensilagem, provavelmente em decorrência do consumo de carboidratos solúveis, o que altera a composição centesimal do volumoso. O tratamento BLB foi o que apresentou os menores teores de FDN e FDA, com aumento relativo de 5,9 e 25,7% nessas frações. A média de aumentos relativos para os demais tratamentos foi de 14,3 e 30,0%, para FDN e FDA, respectivamente.

Possivelmente, as silagens inoculadas com ALB apresentaram maior velocidade de queda do pH, o que pode ter coibido a ação fibrolítica de enzimas da própria planta (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991), mantendo assim teores de fração fibrosa superiores ao do tratamento BLB, para a mesma magnitude de aumento relativo observada.

Embora o aumento relativo nos teores de FDN e FDA esteja associado diretamente à perda de carboidratos solúveis, a correlação com o teor de CHOs mensurado nas silagens (tabela 33) é difícil de ser realizada, uma vez que parte dos carboidratos solúveis desaparecidos na ensilagem pode ser convertida até ácidos graxos voláteis, sem constituir, portanto, perda de MS.

Embora as alterações nos constituintes de parede celular (FDN e FDA) tenham apresentado magnitudes de variação diferentes em função dos tratamentos aplicados à cana na ensilagem, a fração hemicelulose permaneceu semelhante entre os tratamentos. A observação conjunta desses dados permite inferir que, durante o processo de ensilagem, se houve solubilização dessa fração, ela foi semelhante entre tratamentos, e que as alterações no *pool* de FDN e FDA são mais devidas à perda de compostos solúveis durante a fermentação. Em média, a redução no teor da fração hemicelulose verificada após a ensilagem foi de 11%.

A adição de enzima fibrolítica no tratamento ALB+E não acarretou quaisquer modificações quantitativas nos teores de FDN, FDA ou hemicelulose, em relação ao tratamento ALB. Da mesma forma, a digestibilidade *in vitro* da MS e da MO não foram afetadas pela adição da enzima. Provavelmente, a dosagem aplicada, segundo recomendação do fabricante, foi insuficiente para promover alterações apreciáveis na composição da fração fibrosa da cana-de-açúcar.

Loures et al. (2005) avaliaram o uso de enzimas fibrolíticas (3g/ton MV) na ensilagem do capim Tanzânia, e verificaram efeito reduzido sobre o teor de FDN e FDA das silagens, sem, contudo, alterar a digestibilidade aparente da MS.

O teor de proteína bruta (PB) das silagens foi influenciado pelos tratamentos aplicados à forragem e, em média, foi 0,5 unidade percentual inferior ao teor de PB verificado na cana fresca. Esse comportamento é discordante dos relatos de Siqueira (2005) e Junqueira (2006), que observaram elevação de 0,2 e 0,9 unidades percentuais no teor de PB, após a ensilagem da cana com LB. Contudo, Pedroso (2003) observou redução de 1,4 unidades percentuais após a ensilagem da cana usando LB.

Embora tenham ocorrido diferenças estatísticas entre os tratamentos para a variável PB, da mesma forma que verificado para teor de cinzas, biologicamente essa variação tem pouca importância, dada a pequena magnitude observada entre os tratamentos estudados. Contudo, não foram realizadas avaliações quanto à taxa de degradabilidade da fração PB, que pode ter sofrido alterações decorrentes da ensilagem.

Os coeficientes de digestibilidade *in vitro* da MS e da MO foram influenciados pelos tratamentos aplicados à forragem. A silagem inoculada com dose baixa de LB (BLB) apresentou os maiores coeficientes de digestibilidade da MS e MO (56,8 e 56,7%) em relação à média dos demais tratamentos (54,6% para MS e MO). Essa resposta é condizente aos menores teores de FDN e FDA verificados na silagem do tratamento BLB. Em média, a redução verificada na digestibilidade *in vitro*, tanto para MS quanto para MO, foi de 11%, em relação à cana fresca original. Os tratamentos com dose alta de LB (ALB e ALB+E) não foram efetivos em elevar a digestibilidade das silagens, quando comparados à silagem controle.

Os coeficientes de digestibilidade verificados para MS e MO foram similares, possivelmente em função do baixo teor de fração mineral (tabela 33) observado nessas silagens.

Trabalhando em silo de grande escala, Pedroso et al. (2006) observaram redução de apenas 0,1 unidades percentuais na DVIVMS na cana-de-açúcar, após ensilagem com $3,6 \times 10^5$ UFC de LB/g MV, encontrando valor próximo aos obtidos no presente experimento (55,2%). Por outro lado, Junqueira (2006) ensilou cana no mesmo tipo de silo e verificou redução de 67,3 para 59,3% na DVIVMS para silagem inoculada com LB (5×10^4 UFC/g MV).

O teor de carboidratos solúveis (CHOs) verificados nas silagens não diferiu entre os tratamentos testados. Em média, houve redução de 49,6%, em relação à cana original. Freitas et al. (2006) verificaram redução de 92% no teor de carboidratos solúveis após a ensilagem da cana com LB, de 59,7 para 5,6% da MS. Os valores obtidos por esses autores parecem estar discrepantes aos reportados por alguns autores (KUNG JR.; STANLEY, 1982; PEDROSO, 2003; JUNQUEIRA, 2006), que obtiveram valores próximos aos observados no presente experimento, e semelhantes a outros (ALLI et al., 1983; CASTRO NETO, 2003). Possivelmente diferenças metodológicas possam ser a razão para tais discrepâncias.

Essa variável, como as demais determinadas por espectrofotometria, apresenta expressiva variação entre amostras, o que pode ter contribuído para a não observância de diferenças significativas entre tratamentos. Contudo, os valores médios obtidos não condizem com a variação verificada nos teores de FDN e FDA, uma vez que a silagem que apresentou menor teor de fração fibrosa, não foi a de maior valor numérico de CHOs.

Os valores de pH das silagens, embora diferentes entre tratamentos ($P < 0,05$), apresentaram-se bem próximos, todos contidos na amplitude sugerida como ideal (ROTZ e MUCK, 1994), confirmando que a produção de ácidos não é fator crítico em silagens de cana-de-açúcar, tampouco indicador de qualidade fermentativa nesse material.

O teor de etanol verificado nas silagens indica que a adição de *Lactobacillus buchneri*, independente da dosagem utilizada, foi eficiente em reduzir a atividade das

leveduras na massa ensilada. Embora os teores de etanol para todos os tratamentos possam ser considerados baixos, possivelmente em decorrência da volatilização ocorrida em silos de grande porte (conforme item 4.1.1.1), as silagens inoculadas apresentaram valores 70% menores que a silagem controle. Esse resultado concorda com os dados de literatura, onde esse microrganismo tem se mostrado eficiente na inibição de leveduras, mediante incremento na produção de ácido acético (TAYLOR et al., 2002; DANNER et al., 2003).

Embora não se tenha evidenciado diferenças significativas entre tratamentos para os teores de ácidos láctico e acético nas silagens, houve tendência ($P=0,11$) de maiores valores desses ácidos para as silagens inoculadas com LB. A relação láctico:acético, calculada para os tratamentos Controle, BLB, ALB e ALB+E foi de 0,78; 0,83; 0,74 e 0,71, respectivamente.

Avaliando o uso de aditivos na ensilagem da cana-de-açúcar, Freitas et al. (2006) verificaram teores de ácidos láctico e acético de 4,3 e 3,5% da MS para a silagem controle e 4,3 e 4,5% para a silagem aditivada com 5×10^4 UFC de LB/g MV. Ainda, os teores de etanol observados nas silagens foram de 17,8 e 19,3% da MS, para as silagens controle e aditivada com LB. Os valores bastante elevados obtidos por esses autores, em silos experimentais de PVC, indicam elevada atividade microbiana nas silagens. Em silos de grande porte, os menores valores obtidos para essas variáveis podem ser resultantes de perdas por volatilização ou conversão à outros compostos, durante a exposição aeróbia do painel do silo.

Os teores observados de ácido propiônico nas silagens são bastante reduzidos (0,13% da MS), e de ácido butírico praticamente insignificantes (0,04% da MS).

A silagem aditivada com a dose baixa de LB (BLB - 5×10^4 UFC/g MV) apresentou melhor composição químico-bromatológica que a silagem aditivada com a dose alta de LB (ALB - 1×10^5 UFC/g MV), com menor teor de carboidratos estruturais e maior digestibilidade *in vitro*. Contudo, o silo contendo o tratamento ALB apresentou menor densidade de forragem (tabela 36) que o silo contendo o BLB, o que pode ter contribuído para maiores perdas por aerobiose no painel, e contribuído negativamente com a qualidade dessa forragem.

Quando comparadas às silagens do experimento de digestão, na fase anterior desse trabalho (capítulo 4), as do presente ensaio apresentaram maior estimativa de valor nutritivo, com menores teores de FDN e FDA, e maiores teores de CHOs, ácidos orgânicos e digestibilidade. Da mesma forma, a relação entre os ácidos láctico e acético foi maior no presente experimento, possivelmente favorecida pelo maior teor de CHOs disponíveis na cana fresca.

5.4.1.2 Rações experimentais

As rações experimentais fornecidas aos animais apresentaram composição bromatológica semelhante (tabela 34), conforme objetivado. Apenas os componentes estruturais (FDN e FDA) das rações foram afetados pelos tratamentos impostos à forragem, sendo a ração formulada com silagem sem aditivos (controle) a que apresentou maior teor de fibra. Esse resultado é diferente do esperado, uma vez que a análise da fração fibrosa das silagens (tabela 33) mostrou teores semelhantes de FDN e FDA para os tratamentos controle, ALB e ALB+E. Esse efeito é difícil de se explicar, uma vez que a rotina de amostragem semanal e análises, para ambas amostras (rações e silagens), foi a mesma. Contudo, amostragens de rações apresentaram um valor “n” de amostras maior, uma vez que semanalmente eram colhidas uma amostra de cada silo, para análise da silagem, e amostras da ração de cinco baias (blocos), para cada tratamento.

O balanceamento das rações foi realizado com base em exigências determinadas pelo NRC Gado de Corte (1996), estimando teor de PB de 11,9% e de NDT de 66%, para rações com aproximadamente 42% de FDN na MS e 2,4 Mcal/kg de energia metabolizável. Quando comparados aos valores teóricos, os valores determinados analiticamente (tabela 34), indicam que a ração fornecida aos animais apresentou maior teor protéico e teor semelhante de energia (usando a DVIVMS como fator de comparação). Possivelmente, o maior teor protéico das rações fornecidas pode ser atribuído à subestimação no teor desse nutriente da silagem, no balanceamento das rações.

A composição das rações efetivamente consumidas (tabela 35) foi calculada subtraindo-se a composição bromatológica das sobras, das rações fornecidas. Verificou-se o mesmo comportamento observado nas rações fornecidas, com maiores teores de FDN e FDA na ração contendo silagem controle. As demais variáveis avaliadas não foram diferentes entre tratamentos. Em termos médios, a composição das rações fornecidas e consumidas foi estritamente semelhante, indicando que o fornecimento de ração *ad libitum* em mistura total foi adequado para permitir quantidade suficiente de sobras, evitando-se a seleção pelos animais.

5.4.2 Parâmetros físicos e perdas no painel dos silos

As variáveis de parâmetros físicos avaliadas no painel do silo não foram afetadas pelos tratamentos, com exceção da estimativa de perdas de material deteriorado (% da MV total retirada diariamente) no painel do silo (tabela 36).

A avaliação do tamanho médio de partículas (TMP) mostrou valores bem próximos entre tratamentos, e semelhantes aos valores observados na cana fresca picada, indicando que a compactação mecânica da forragem no silo não promoveu alterações nessa variável. Essa observação discorda do efeito descrito por Paziani (2004), que verificou redução no tamanho médio de partículas, de 3,84 para 2,44 cm, após a ensilagem do capim Tanzânia. A autora atribui essa redução à fragmentação ocorrida no mecanismo de admissão e compactação do implemento utilizado no enchimento do silo. No presente experimento esse efeito pode não ter sido verificado em função do menor tamanho médio de partículas característico da cana picada, em relação às gramíneas tropicais.

Embora o implemento de colheita tenha sido ajustado para o tamanho mínimo de partículas, entre 5 e 10 mm, segundo recomendação do fabricante, parece que dificilmente essa meta é atingida (item 4.2.2). Ainda assim, o valor médio de TMP verificado (1,4 cm) pode ser considerado dentro de uma amplitude considerada satisfatória.

As densidades das silagens, tanto em MV quanto em MS, não diferiram entre tratamentos e podem ser consideradas críticas ao bom processo de conservação.

Apesar do implemento utilizado no enchimento dos silos estar regulado para máxima compactação, ajustada com base no controle do estiramento máximo da lona plástica, as densidades variaram entre 360 e 399 kg MV/m³, ou 121 a 140 kg MS/m³. Avaliando a densidade e as perdas de MS em 25 silos tubulares, confeccionados com milho ou alfafa, em três propriedades diferentes, Muck e Holmes (2001) verificaram densidades variando entre 167 a 246 kg MS/m³ para silagem de milho, e 206 a 233 kg MS/m³ para silagem de alfafa. Segundo os autores, a elevação na densidade reduz a porosidade e a penetração de ar na massa ensilada, reduzindo assim a produção de gases decorrentes da respiração. Fatores como o implemento utilizado no enchimento do silo, operador, tipo e teor de MS da forragem influenciam diretamente a densidade de MS verificada nos silos tubulares (MUCK e HOLMES, 2002).

Paziani (2004) usou o mesmo implemento para ensilagem de capim Tanzânia e verificou densidades médias variando entre 131 e 156 kg MS/m³. A autora afirma que os valores obtidos estão abaixo dos esperados para a forragem utilizada, provavelmente em decorrência da limitada capacidade de compactação oferecida pelo implemento de enchimento do silo. Entretanto, Muck e Holmes (2000) afirmam que apesar da menor densidade, os silos tubulares têm na vedação um importante atributo para limitar a disponibilidade de oxigênio no interior da massa ensilada, proporcionando assim menores perdas relativas de MS.

As perdas de forragem deteriorada observadas no painel do silo, quantificadas com base na avaliação sensorial e separação manual diária, durante a retirada de forragem para alimentação dos animais, foi afetada pelos tratamentos avaliados. Maiores valores foram verificados para as silagens dos tratamentos BLB e ALB+E (13,0 e 15,2% da forragem total), em relação aos tratamentos controle e ALB (4,06 e 7,57% da forragem total). A associação entre as perdas de painel obtidas e a composição químico-bromatológica das silagens (tabela 33) é difícil de ser estabelecida, uma vez que fatores como teor de CHOs, MS, ácidos orgânicos e pH não foram quantitativamente diferentes a ponto de alterar significativamente as perdas nos painéis dos silos. A densidade de forragem nos silos, da mesma forma, foi semelhante entre os tratamentos, não permitindo o estabelecimento de relação de dependência com as perdas por deterioração no painel.

Muck e Holmes (2005) consideraram como perdas excessivas por espoliação no painel, valores acima de 15%, sendo que um dos principais fatores que influenciaram essas perdas foi a taxa de retirada diária de forragem. Os autores recomendaram retirada mínima de 30 cm/dia, em silos tubulares, como forma de minimizar perdas no painel. Contudo, os dados de espessura de retirada diária nos silos do presente experimento mostram valor médio de 9,52 cm/dia, muito aquém do considerado ideal. A reduzida camada retirada diariamente, em função do tamanho do silo e do limitado grupo de animais a serem alimentados, pode ter inflacionado as perdas de material deteriorado. Apesar de ter acarretado menor ingestão (tabela 38), a silagem controle foi também utilizada para alimentação de animais adicionais, o que elevou o valor numérico de espessura de camada retirada nesse tratamento.

5.4.3 Estabilidade aeróbia

Durante o período de armazenamento, e, principalmente, após a abertura do silo, a entrada de ar na massa ensilada permite o crescimento de microrganismos aeróbios facultativos, que promovem a espoliação no painel do silo, levando à degradação de carboidratos (DRIEHUIS; OUDE ELFERINK; SPOELSTRA, 1999). Kung Jr. et al. (2000) definiram estabilidade a aeróbia como sendo o tempo, em horas, para que ocorra elevação de 2 °C na temperatura das silagens sob aerobiose, em relação à temperatura do ambiente, sendo a elevação da temperatura um indicador indireto de atividade de microrganismos na forragem. Posteriormente, O'Kiely; Clancy e Doyle (2001) listou uma série de outras variáveis alternativas relacionadas à temperatura e pH da forragem exposta ao ar, como forma de melhor avaliar o processo de degradação aeróbia das silagens, conforme apresentado na tabela 37.

Todas as variáveis avaliadas no presente estudo foram afetadas pelos tratamentos aplicados. A avaliação geral das variáveis indicou maior estabilidade para silagens associadas de ingredientes concentrados, em relação às silagens exclusivas, possivelmente em função da elevação no teor de MS das silagens, de 34,0 para 44,9% (tabelas 33 e 34), e provável redução na atividade água nesse material, o que inibe o crescimento microbiano (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991). Esse resultado

se mostra interessante como ferramenta de manejo dentro de uma propriedade, indicando que as perdas aeróbias da ração total no cocho são menores que as perdas no painel do silo. Isso pode sugerir adoção de menor frequência diária de fornecimento de alimentos, em mistura total, e maior retirada de forragem do silo, como forma de reduzir perdas de carboidratos, em silagens susceptíveis à espoliação, como é o caso da cana-de-açúcar.

A avaliação do tempo para elevação da temperatura da massa em 2 °C mostrou que, para o tratamento controle, a forragem já havia iniciado o ensaio com temperatura superior à do ambiente, por conta do aquecimento prévio ocorrido no silo. Esse fator é um indicativo de que silagens provenientes de silos de grande escala não constituem materiais adequados para desenvolvimento de ensaios de estabilidade aeróbia, visto que não é possível controlar o grau de aeração prévia sofrida por esse material, principalmente em silos de densidade baixa, como os do presente experimento (tabela 36).

Dentre as silagens exclusivas, os tratamentos com doses baixa e alta de LB (BLB e ALB) foram os que apresentaram melhor estabilidade, revelando tempos maiores para constatação de aquecimento, menores temperaturas máximas e somas de temperaturas acumuladas. Diversos autores verificaram correlação positiva da aditivação com LB, sobre a estabilidade aeróbia de silagens de milho e gramíneas de clima temperado (DRIEHUIS; OUDE ELFERINK; VAN WIKSELAAR, 2001; RANJIT; TAYLOR; KUNG Jr., 2002; DANNER et al., 2003; NISHINO et al., 2003).

Pedroso (2003) avaliou o uso de aditivos químicos e microbianos na ensilagem da cana-de-açúcar e verificou a melhor estabilidade para o tratamento inoculado com LB ($3,64 \times 10^5$ UFC/g MV), com maior tempo para aquecimento e menor acúmulo de temperatura na massa, até cinco e dez dias de exposição ao ar.

Esses dados concordam com as verificações ocorridas no presente experimento, como indicativo de incremento na estabilidade aeróbia das silagens inoculadas com LB. Segundo Danner et al. (2003), a elevação no teor de ácido acético na silagem, promovida pelo metabolismo das bactérias *L. buchneri* é a grande responsável pelos aumentos verificados na estabilidade da massa, uma vez que esse ácido apresenta eficiente capacidade de inibição no crescimento populacional de leveduras e fungos

filamentosos. Esses microrganismos consomem carboidratos solúveis e ácido láctico na fase aeróbia, elevando o pH da massa e promovendo perda de MS (PITT; MUCK; PICKERING, 1991). Ainda, segundo Krooneman et al. (2002), em silagens aditivadas com *L. buchneri* há a possibilidade de ação de microrganismos como o *L. diolivorans*, capazes de promover a conversão anaeróbia do 1,2-propanodiol, produto da fermentação do *L. buchneri*, em 1-propanol e ácido propiônico, auxiliando assim no controle da atividade de microrganismos indesejáveis.

Embora a adição de ingredientes concentrados tenha evidenciado elevação na estabilidade das silagens, esse comportamento apresentou-se adverso no tratamento ALB+E, onde observou-se valores elevados e discrepantes aos demais tratamentos, para as variáveis temperatura máxima, soma de temperaturas acumuladas de 0-5 e 0-10 dias, pH máximo e perdas de MS acumuladas de 0 a 10 dias (tabela 37). Esse comportamento é um fator não esperado e sem aparente explicação razoável, uma vez que a adição de enzima fibrolítica parece não ter afetado a composição químico-bromatológica da silagem (tabela 33). Da mesma forma, o teor residual de carboidratos solúveis nas silagens era elevado e semelhante em todos os tratamentos, não sugerindo efeito de incremento no teor desse componente decorrente da atividade da enzima em aerobiose, como agente causador de menor estabilidade no tratamento ALB+E. A menor estabilidade desse tratamento foi confirmada pelas maiores perdas verificadas no painel do silo (tabela 36).

A frequência de tomada de medidas de temperatura nas unidades experimentais pode ter sido um fator crítico à acurácia das informações coletadas sobre essas variáveis, uma vez que essas eram avaliadas apenas duas vezes ao dia, com termômetros de bulbo.

Figueiró et al. (2005) usaram método eletrônico de avaliação de temperatura (dataloggers), programados para aquisição dessa variável a cada 15 minutos, em silagens de cana-de-açúcar expostas ao ar. Os autores verificaram que leituras de temperatura a cada cinco horas são necessárias para se detectar variações mínimas de 2 °C na silagem em exposição a aerobiose.

5.4.4 Ingestão de MS e desempenho dos animais

Embora a ingestão de MS realizada pelos animais não tenha revelado diferença estatística ($P=0,19$), os tratamentos contendo silagens com inoculação de LB acarretaram incremento médio de 13,7%, em relação ao tratamento controle. O valor médio observado de ingestão foi de 8,62 kg MS/dia, ou 1,68% do peso vivo (tabela 38).

O ganho de peso vivo médio diário não foi diferente entre os animais consumindo rações contendo silagem (45,8% da MS) dos tratamentos inoculados com LB (média de 1,00 kg/dia). Entretanto, as rações contendo silagens inoculadas apresentaram ganho 22,4% superior ao ganho verificado nos animais que consumiram ração com silagem do tratamento controle (0,82 kg/dia).

Da mesma forma, a conversão alimentar (kg de MS ingerido/kg de ganho de peso) foi melhor para os tratamentos contendo silagens inoculadas, principalmente BLB e ALB+E, em relação ao tratamento controle.

Observando-se as tabelas 33, 35 e 38, pode-se inferir que o melhor resultado de ganho de peso nos animais consumindo rações contendo as silagens inoculadas com LB deve estar relacionado à ingestão numericamente maior de MS, em função do menor teor de carboidratos estruturais das rações com silagem aditivada, bem como do menor teor de etanol presente nessas silagens. Da mesma forma, a melhor conversão alimentar das rações formuladas com silagens inoculadas com LB contribuiu para a maior taxa de ganho de peso dos animais, provavelmente em função do menor teor de FDN e FDA, e tendência de maior digestibilidade *in vitro* dessas rações.

O uso de enzima fibrolítica não foi efetivo em alterar a ingestão de MS ou o ganho de peso dos animais, uma vez que conforme discutido (item 5.4.2), a composição de carboidratos estruturais da silagem ALB+E não foi afetada por esse tratamento. Dean et al. (2005) estudaram o efeito de diferentes enzimas comerciais na ensilagem de capim-bermuda, e verificaram benefícios periféricos de algumas enzimas, sobre digestibilidade *in vitro* das silagens e estabilidade aeróbia.

Poucos trabalhos foram realizados avaliando o efeito do uso de aditivos em silagens de cana-de-açúcar, sobre o desempenho de animais.

Pedroso et al. (2006) avaliaram o desempenho de novilhas holandesas alimentadas com rações contendo silagem de cana-de-açúcar (46% da MS) e observaram ingestão média de 2,2% do PV, e ganho de peso 31,9% maior para os animais recebendo a ração contendo silagem de cana-de-açúcar aditivada com LB (1,24 kg/dia), em relação aos animais consumindo silagem controle (0,94 kg/dia). Os dados obtidos por esses autores estão de acordo com os verificados no presente experimento, com benefício da aditivação com LB sobre o desempenho dos animais. A maior ingestão relativa ao peso vivo observada pelos autores, provavelmente, é devida à categoria animal usada, novilhas mais jovens e mais leves que os tourinhos testados no presente experimento.

Junqueira (2006) avaliou o desempenho de bezerras holandesas alimentadas com rações contendo 45% de silagem de cana-de-açúcar na MS, e verificou ingestão média de 3,1% do PV, sem diferença entre tratamentos. O ganho de peso médio diário para o tratamento com inoculação com LB (5×10^4 UFC/g MV) foi de 1,05 kg/dia, foi semelhante ao ganho obtido com silagens aditivadas de uréia 1,0 e 1,5% MV. A ingestão de MS relatada por essa autora pode ser considerada bastante elevada, novamente relacionada com a categoria animal usada naquele ensaio.

Avaliando fontes de nitrogênio não protéico em rações contendo 62 e 82% de cana-de-açúcar fresca na MS, sobre o desempenho de novilhas holandesas, Miranda et al. (1999) verificaram ingestões de MS variando entre 1,98 e 2,30% do PV, proporcionando taxas de ganho de peso entre 0,51 e 0,67 kg/dia. Os autores afirmaram que a ingestão de MS pode ter sido limitada pelo maior teor de FDN do volumoso, embora o desempenho obtido tenha sido superior ao estimado para a ração usada.

Experimentos de campo foram realizados para comparar o valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar, em relação à cana fresca. Queiroz et al (2005) avaliaram a ingestão e produção de leite de vacas holandesas alimentadas com cana-de-açúcar fresca, silagem de cana aditivada com LB ou silagem de milho, como volumosos únicos nas rações, e observaram ingestões de MS mais elevadas para as rações à base de cana, em relação à ração contendo silagem de milho. A produção de leite das vacas não foi afetada pelos tratamentos, embora animais recebendo rações com silagem de

milho tenham produzido dois litros a mais de leite (24 kg/dia) em relação aos animais que receberam rações com cana (22 kg/dia).

A comparação da silagem de cana aditivada com LB (5×10^4 UFC/g MV), com a silagem de cana sem aditivos e com a cana fresca picada diariamente, sobre o desempenho de novilhos de corte foi realizada por Mari¹ (em fase de elaboração), que verificou ausência de efeito dos volumosos sobre a ingestão de MS (média de 1,96% do PV) e ganho de peso (média de 0,93 kg/dia). A avaliação geral indicou que a perda de valor nutritivo após a ensilagem da cana-de-açúcar com aditivos eficientes foi reduzida, quando comparada à cana fresca picada, embora no ensaio realizado por Mari¹ (em fase de elaboração) não tenha sido observado benefício da aditivação da silagem de cana, em relação à cana controle, diferentemente dos demais ensaios.

A ingestão de MS e o ganho de peso vivo médios observados no presente estudo estiveram 23,4 e 12,7% abaixo, respectivamente, dos valores estimados pelo NRC (1996), durante a formulação das rações. Isso indica que, embora o NRC tenha superestimado a ingestão dos animais, o valor energético das silagens poderia ser maior que o considerado na alimentação do banco de dados do programa (53% de NDT), durante a fase de planejamento.

Ao proceder-se a estimativa do valor energético das silagens no NRC (1996), nível 1 (tabular) para que os ganhos de peso preditos pelo programa correspondessem aos ganhos observados, ajustando-se o valor de ingestão ao observado, constatou-se que as silagens deveriam ter entre 68,8 e 75,4% de NDT, para permitir a magnitude de ganho de peso observada (tabela 39). Na prática, esses valores podem ser considerados bastante elevados, podendo ser essa superestimação decorrente de limitações na capacidade de predição do programa e, principalmente, pela desconsideração da contribuição de compostos voláteis como o ácido acético e o etanol, na estimativa tradicional de NDT. McDonald; Henderson e Heron (1991) afirmaram que em silagens ricas em carboidratos solúveis, com grande desenvolvimento de leveduras, a perda de MS decorrente da fermentação pode ser

¹ MARI, L.J. (ESALQ/USP) Avaliação de aditivos na ensilagem da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) e seus efeitos sobre o padrão fermentativo e o desempenho de bovinos de corte.

elevada (48,9%), porém a perda em energia bruta é pouco expressiva (0,2%), uma vez que os componentes formados durante a fermentação têm alto valor energético.

Da mesma forma, procedeu-se as estimativas de ingestão de MS e taxas de ganho de peso médio diário dos animais, corrigidos com base na composição químico-bromatológica das silagens avaliadas (tabela 33), usando-se o peso médio real dos animais de cada baia durante o período experimental e as idades médias dos animais de cada bloco. Para a predição do ganho de peso, fixou-se a ingestão de MS média observada na baia. Deve-se ressaltar que para gerar as estimativas foram utilizados os valores de composição das silagens e dos ingredientes concentrados usados no experimento, juntamente com valores prováveis “teóricos” para os componentes exigidos pelo programa que não foram determinados nas análises do presente ensaio. Para a variável NDT assumiram-se os valores de DVIVMS das silagens.

Na figura 2 estão representadas graficamente as relações entre os valores observados e preditos de ingestão de MS e taxa de ganho de peso médio diário, para todas as unidades experimentais. Para todos os animais, de todos os tratamentos, a ingestão de MS predita pelo nível 1 do NRC (1996) foi superior à observada. Em média, as maiores diferenças foram verificadas para o tratamento controle, onde a ingestão de MS observada representou 72,2% da ingestão predita. Para os demais tratamentos, a ingestão observada representou 82,3; 82,7 e 80,2% da predita, para BLB, ALB e ALB+E, respectivamente.

Possivelmente, a diferença verificada entre os valores de ingestão observados e as predições possa ser relacionada a fatores não contemplados no banco de dados do NRC (1996), como produtos da fermentação das silagens (etanol), que indicou valores 240% superiores para o tratamento controle, em relação à média dos demais tratamentos (tabela 33), bem como o ácido acético.

Randby; Selmer-Olsen e Baevre (1999) avaliaram o efeito da suplementação de silagens de gramíneas de clima temperado com etanol, sobre a ingestão e produção de leite de vacas holandesas. Esses autores forneceram 600 g de etanol puro por animal, por dia misturado às silagens, o que representou 5,8% de etanol na MS, em rações com 54,5% de silagem (% da MS). Contudo, não foi observado efeito da suplementação com etanol sobre a ingestão de MS ou sobre a produção de leite. Com base nos

resultados relatados por esses autores pode-se inferir que, em silagens de cana-de-açúcar, outros componentes voláteis além do etanol podem ser responsáveis pela redução na ingestão de MS. Talvez, o acetaldeído que é um intermediário desse processo poderia responder por esse efeito inibitório, embora não haja suporte científico para essa afirmativa, com base na literatura consultada.

Para todas as unidades experimentais, o ganho de peso médio diário observado apresentou-se acima do valor predito pelo NRC (1996). Os desvios entre valores observados e preditos de ganho de peso não parecem estar relacionados aos tratamentos aplicados. O tratamento controle foi o que apresentou desvio médio observado de 144,9% do valor predito. Para os demais tratamentos, o valor observado de ganho de peso representou 140,5; 134,5 e 151,8% do valor predito, para BLB, ALB e ALB+E, respectivamente.

Nota-se que, para os tratamentos estudados, a sensibilidade de predição da ingestão de MS pelo NRC (1996) foi moderadamente superior, em relação à predição do ganho de peso. Os gráficos apresentados na figura 32 permitem visualizar com clareza que as equações propostas pelo NRC (1996) subestimaram o conteúdo energético das rações experimentais, ao afirmarem que os animais deveriam ingerir mais e ganhar menos peso do que foi observado.

Pedroso; Schmidt e Nussio (2004) realizaram o mesmo exercício usando dados de desempenho de novilhas holandesas alimentadas com rações contendo silagens de cana-de-açúcar e, da mesma forma, observaram superestimação na ingestão de MS, e subestimação nas estimativas de ganho de peso dos animais, realizadas pelo NRC (1996). Esses resultados com novilhas seguem tendência similar e corroboram as observações obtidas no presente ensaio com os tourinhos. Segundo os autores, os desvios de predição no programa, em função de variáveis não contempladas na alimentação do banco de dados do NRC, como compostos voláteis da silagem, podem ter sido a razão das discrepâncias verificadas.

A mesma metodologia empregada para comparar tratamentos foi usada em relação aos valores observados: preditos agrupados por raça. Os valores obtidos apresentaram-se próximos, com médias para ingestão de MS de 81,7 e 78,5%, e para ganho de peso de 138,5 e 145,3%, para as raças Canchim e Nelore, respectivamente.

Esses valores indicam que, independentemente do tratamento, o programa NRC (1996) foi efetivo em ajustar o efeito de peso vivo e raça sobre as variáveis avaliadas.

A avaliação dos valores de energia líquida (EL) observada, calculados com base no sistema de equações proposto por Zinn e Shen (1998), mostrou valores moderadamente superiores aos valores de EL esperada, estimados pelo NRC (1996) (tabela 40). O cálculo da EL observada considera o peso metabólico dos animais ($PV^{0,75}$), a ingestão de MS e a taxa de ganho de peso diário. Já o sistema de equações do NRC considerou a composição bromatológica (NDT) e a proporção dos ingredientes da ração, de forma independente do peso, idade e raça do animal testado, para cálculo da EL. Observando-se a relação entre EL observada e esperada (tabela 40), verificou-se que os valores de EL de manutenção (média de 1,08) foram mais próximos entre os dois sistemas, que a EL de ganho (média de 1,29). Essa diferença é devida aos menores valores de EL de ganho estimados pelo NRC, em relação aos valores observados.

O fato de a EL observada, tanto para manutenção quanto para ganho, ter sido maior que a esperada, é condizente com a relação entre o ganho de peso observado e predito nos animais experimentais, simulado pelo sistema NRC (figura 2). Esse efeito aponta para maior teor energético das rações experimentais que o sugerido pelo NRC (1996), provavelmente associado a compostos voláteis não contemplados no banco de dados do programa.

Pereira (2005) avaliou ambos os sistemas, a partir de dados de desempenho de bovinos alimentados com doses crescentes de substituição de milho por polpa cítrica, em rações de alto concentrado (70% da MS), usando silagem de cana aditivada com LB como volumoso exclusivo. O autor verificou valores de EL de manutenção e ganho inferiores aos valores estimados pelo NRC (1996), de forma contrária ao observado no presente experimento. Segundo o autor, o efeito observado pode ter sido devido à superestimação do valor energético da silagem de cana, ao adotar-se 61% de NDT na alimentação do banco de dados do NRC (1996).

5.4.5 Comportamento ingestivo

Os tratamentos aplicados às silagens afetaram significativamente algumas das variáveis de comportamento ingestivo avaliadas (tabelas 10 e 11). Os tempos totais médios de ingestão, ruminação, mastigação e ócio (209,5; 541,8; 751,2 e 674,3 minutos/dia, respectivamente) foram semelhantes aos verificados por Loures (2004) (247, 427, 674, 748 minutos/dia, respectivamente), que avaliou o comportamento ingestivo de bovinos Nelore alimentados com silagens de capim Tanzânia.

O tempo de ingestão de água não foi afetado por tratamentos, e apresentou elevada variação entre animais, conforme relatado por outros autores (COELHO, 2002; LOURES, 2004; MARI et al., 2006). O valor médio obtido para essa variável no presente ensaio (14,5 minutos/dia) é superior ao valor relatado por Mari et al. (2006), que observaram valor médio de 5,4 min/dia, em bovinos Nelore com peso semelhante aos usados no presente estudo.

Foi observado efeito significativo ($P < 0,05$) de raça sobre o tempo de ingestão de água, com valores maiores para animais Canchim, em relação animais Nelore (18,4 e 10,4 min/dia). Esse efeito pode estar relacionado ao maior peso vivo observado nos animais Canchim, bem como a fatores de adaptação específicos da raça, embora não haja suporte científico na literatura consultada.

Embora o tempo despendido com ingestão de ração não tenha sido diferente entre tratamentos, foi observado valor numericamente superior para o tratamento controle, em relação aos demais. Da mesma forma, o valor de ingestão de MS das rações desse tratamento foi inferior aos demais (tabela 38). Essas observações indicam que animais alimentados com silagem de cana-de-açúcar sem aditivos (controle) apresentaram menor taxa ou tamanho de bocado. Esse efeito parece ser marcante quando observado nas seis horas iniciais após o fornecimento da ração. Esse padrão de resposta torna-se evidente quando avaliado em relação aos minutos gastos por kg de MS ingeridos (tabela 42). O tempo relativo de ingestão do tratamento controle (31,1 min/kg MS) foi superior ($P < 0,05$) a média dos tratamentos inoculados com LB (22,0 min/kg MS).

O mecanismo de compensação do aumento do tempo gasto com ingestão, em condições onde a disponibilidade do alimento é limitada por algum fator, foi observado e descrito por Sarmiento (2003), para bovinos em pastejo. No presente ensaio, uma possível explicação para esse efeito é o fato de que a presença de compostos voláteis em maior concentração na silagem de cana sem aditivos possa estar inibindo a ingestão de MS pelos animais, embora esses não se encontrem no estado de saciedade, destinando mais tempo à atividade de ingestão de MS, mesmo à custa de menor ingestão real de MS. A análise do teor de etanol da silagem controle, em relação às demais (tabela 33), corrobora essa afirmação.

Mari et al. (2006) avaliaram o comportamento ingestivo de bovinos alimentados com silagens de cana controle e aditivada com LB (5×10^4 UFC/g MV) e verificaram ingestão de MS 12,3% superior para o tratamento inoculado, e tempos de ingestão de ração semelhantes (139,7 e 138,6 min/dia, para os tratamentos controle e inoculado). Notou-se efeito semelhante ao observado no presente experimento, embora o tempo médio diário dedicado à ingestão de MS no experimento realizado por esses autores (139,1 min/dia) tenha sido menor que o verificado no presente ensaio (209,5 min/dia).

O tempo de ruminação, no período de 24 horas, ou nas seis horas iniciais, foi menor para os animais consumindo ração com silagem do tratamento BLB. Esse efeito está de acordo com os valores observados na tabela 33, que apontam menor teor de FDN e FDA, e maior digestibilidade *in vitro* da MS e MO, para a silagem inoculada com a dose baixa de *L. buchneri* (BLB).

O tempo gasto com mastigação, calculado como somatório dos tempos de ingestão e ruminação, só foi diferente entre tratamentos quando comparado nas seis horas iniciais, onde as diferenças entre a silagem controle e as silagens inoculadas foram mais expressivas.

Durante o período de 24 horas, os animais despenderam em média 14,5 e 37,6% do tempo com as atividades de ingestão e ruminação. No período inicial de seis horas após o fornecimento das rações, essas atividades ocuparam 31,0 e 25,4% do tempo. Esses valores foram semelhantes aos observados no experimento de digestão (item 4.3.4 do capítulo 4), de 16,0 e 36,1% do tempo total gastos com ingestão e ruminação.

Nos resultados apresentados por Mari et al. (2006), observou-se que os animais alimentados com silagens de cana mantiveram-se em média, 9,7 e 32,8% do tempo envolvidos com as atividades de ingestão e ruminção, e durante as quatro horas após o fornecimento das rações, essas atividades ocuparam 18,1 e 23,4% do tempo total do período, para um nível médio de ingestão de 9,2 kg MS/dia, maior que a média observada no presente ensaio (8,62 kg/dia – tabela 38). Esses resultados indicam que os animais observados por Mari et al. (2006) apresentaram maior taxa ou tamanho de bocado, uma vez que exerceram maior ingestão de MS em um menor tempo. Esse efeito pode ser devido ao fornecimento parcelado do alimento (duas vezes ao dia), uma vez que a composição de ingredientes das rações experimentais avaliadas por esse autor foi semelhante às rações utilizadas no presente ensaio.

Os tempos relativos de ruminção e mastigação, em minutos/kg de FDN (tabela 42) foram maiores para o tratamento controle, em relação aos demais. Esse efeito pode ser decorrente da associação entre menor ingestão de MS (tabela 38) e maior teor de FDN na ração consumida desse tratamento (tabela 35).

5.5 Conclusões

Silagens de cana-de-açúcar suportaram bons índices de desempenho de bovinos de corte em confinamento. A concentração energética de silagens de cana-de-açúcar parece ser maior que a indicada pela análise bromatológica convencional, usada em modelos de predição de consumo.

A aditivação das silagens com *Lactobacillus buchneri* foi eficiente em preservar o valor nutritivo da cana-de-açúcar após a ensilagem, quando comparada à silagem sem aditivos, proporcionando incremento marcante no desempenho dos bovinos. A silagem inoculada com a dose baixa do aditivo apresentou menor teor de FDN, e maior digestibilidade *in vitro* e estimativa de NDT, embora tenha elevado as perdas no painel do silo, em relação a silagem inoculada com dose a alta de *L. buchneri*.

A adição de enzima fibrolítica em associação ao inoculante microbiano não acarretou alterações na composição bromatológica da silagem ou no desempenho dos animais, contribuindo ainda para redução na estabilidade aeróbia da silagem.

A associação de ingredientes concentrados foi eficaz em elevar a estabilidade aeróbia das silagens, podendo sugerir alterações no manejo tradicional de volumosos conservados.

O comportamento ingestivo dos animais foi afetado pelos tratamentos impostos à forragem, com maiores tempos despendidos para ingestão e ruminação, por kg de MS e de FDN, para a silagem sem aditivos.

Referências

ALLI, I; FAIRBAIRN, R; BAKER, B.E.; GARCIA, G. The effects of ammonia on the fermentation of chopped sugarcane. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.9, p.291-299, 1983.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15th. ed. Arlington, 1990. v.1, 1117p.

CASTRO NETO, A.G. **Avaliação de silagens de cana-de-açúcar submetidas a diferentes tratamentos**. 2003. 101p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

COELHO, R.M. **Efeito da concentração de matéria seca e do uso de inoculante bacteriano-enzimático, na silagem de Tifton-85 (*Cynodon ssp.*), sobre a digestão de nutrientes, parâmetros ruminais e comportamento ingestivo em novilhos de corte em crescimento**. 2002. 136p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

CUNHA, M.V.; FOSTER, M.A. Sugar-glycerol cofermentations in Lactobacilli: the fate of lactate. **Journal of Bacteriology**, Washington, v.174, n.3, p.1013-1019, 1992.

DANNER, H.; HOLZER, M.; MAYRHUBER, E.; BRAUN, R. Acetic acid increases stability of silage under aerobic conditions. **Applied and Environmental Microbiology**, Baltimore, v.69, n.1, p.562-567, 2003.

DEAN, D.B.; ADESOGAN, A.T.; KRUEGER, N.; LITTELL, R.C. Effect of fibrolytic enzymes on the fermentation characteristics, aerobic stability, and digestibility of bermudagrass silage. **Journal of Dairy Sciences**, Lancaster, v. 88, n.3, p. 994-1003, 2005.

DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; SPOELSTRA, S.F. Anaerobic lactic acid degradation during ensilage of whole crop maize inoculated with *Lactobacillus buchneri* inhibits yeast growth and improves aerobic stability. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v.87, p. 583-594, 1999.

DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; VAN WIKSELAAR, P.G. Fermentation characteristics and aerobic stability of grass silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*, with or without homofermentative lactic acid bacteria. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.56, p.330-343, 2001.

DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. Colorometric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, Washington, v.28, p.350, 1956.

FIGUEIRÓ, R.N.; SOUSA, D.P.; NUSSIO, L.G.; MARI, L.J.; SANTOS, M.C.; TOLEDO FILHO, S.G.; ZOPOLLATTO, M. Freqüência crítica para avaliação da temperatura em ensaio de estabilidade aeróbia em forragens e rações. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005a, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBZ, 2005a. 1 CD ROM.

FREITAS, A.W.P.; PEREIRA, J.C.; ROCHA, F.C.; COSTA, M.G.; LEONEL, F.P.; RIBEIRO, M.D. Avaliação da qualidade nutricional da silagem de cana-de-açúcar com aditivos microbianos e enriquecida com resíduo da colheita de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v.35, n.1, p.38-47, 2006.

GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. **Forage fiber analysis: apparatus, reagents, procedures and some applications**. Washington: ARS, 1970.112p.

HOLDEN, L.A. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.82, n.8, p.1791-1794, 1999.

JUNQUEIRA, M.C. **Aditivos químicos e inoculantes microbianos em silagens de cana-de-açúcar: perdas na conservação, estabilidade aeróbia e o desempenho de animais**. 2006. 98p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

KONONOFF, P.J.; HEIRINCHS, A.J.; LEHMAN, H.A. The effect of corn silage particle size on eating behavior, chewing activities and rumen fermentation in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.86, p.3343-3353, 2003.

KROONEMAN, J.; FABER, F.; ALDERKAMP, A.C.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; DRIEHUIS, F.; CLEENWERK, I.; SWINGS, J. *Lactobacillus diolivorans* sp. nov., a 1,2-propanediol-degrading bacterium isolated from aerobically stable maize silage. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, Londres, v.52, p.639-646, 2002.

KUNG, L. Junior.; Microbial and chemical additives for silage: effect on fermentation and animal response. In: WORKSHOP SOBRE MILHO PARA SILAGEM, 2., 2000, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2000. p.1-53.

KUNG, L. Junior.; STANLEY, R.W. Effects of stage of maturity on the nutritive value of whole-plant sugarcane preserved as silage. **Journal of Animal Science**, Albany, v.54, p.689-696, 1982.

KUNG, L. Junior.; GRIEVE, D.B.; THOMAS, J.W.; HUBER, J.T. Added ammonia or microbial inocula for fermentation and nitrogenous compounds of alfafa ensiled at various percents of dry matter. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.67, p.299-306, 1984.

LAMMERS, B.P.; BUCKMASTER, D.R.; HEINRICH, A.J. A simple method for the analysis of particle size of forage and total mixed rations. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.79, p.922-928, 1996.

LOURES, D.R.S. **Enzimas fibrolíticas e emurchecimento no controle de perdas da ensilagem e na digestão de nutrientes em bovinos alimentados com rações contendo silagem de capim Tanzânia**. 2004. 146p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

LOURES, D.R.S.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F.; PEDROSO, A.F.; MARI, L.J.; RIBEIRO, J.L.; ZOPOLLATTO, M.; SCHMIDT, P. Efeito de enzimas fibrolíticas e do teor de matéria seca em silagens de Capim-Tanzânia sobre os parâmetros ruminais, o comportamento ingestivo e a digestão de nutrientes, em bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v.34, n.3, p.736-745, 2005.

MAEKAWA, M.; BEAUCHEMIN, K.A.; CHRISTENSEN, D.A. Chewing activity, saliva production and ruminal pH of primiparous and multiparous lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 85, p.1176-1182, 2002.

MARI, L.J.; NUSSIO, L.G. **O método Penn State Particle Size Separator para a predição do tamanho de partículas de silagens**. 2002. Disponível em: <<http://www.beefpoint.com.br/bn/radarestecnicos>>. Acesso em: 12 mai. 2006.

MARI, L.J.; NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P.; RIBEIRO, J.L.; ZOPOLLATTO, M.; SANTOS, M.C.; QUEIROZ, O.C.M. Comportamento ingestivo de bovinos de corte recebendo ração completa contendo cana-de-açúcar fresca ou ensilada. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 2006. 1 CD ROM.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. 2nd ed. Merlow: Chalcomb Publications, 1991. 340p.

MIRANDA, L.F.; QUEIROZ, A.C.; VALADARES FILHO, S.C.; CECON, P.R.; PEREIRA, E.S.; CAMPOS, J.M.S. Comportamento ingestivo de novilhas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v.28, n.3, p.614-620, 1999.

MOON, N.J. Inhibition of the growth of acid tolerant yeasts by acetate, lactate and propionate and their synergistic mixtures. **Journal of Applied Bacteriology**, Oxford, v.55, p.453-460, 1983.

MUCK, R.E.; HOLMES, B.J. Factors affecting bunker silo densities. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v.16, p.613-619, 2000.

MUCK, R.E.; HOLMES, B.J. Density and losses in pressed bag silos. In: ASAE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 2001, Sacramento. **Proceedings...** Sacramento: ASAE, 2001. p.1-20.

MUCK, R.E.; HOLMES, B.J. Factors influencing density and losses in pressed bag silos. In: INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 13., 2002, Auchincruive. **Proceedings...** Auchincruive: SAC, 2002, p.156-157.

MUCK, R.E.; HOLMES, B.J. Factors affecting bag silo densities and losses. In: INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 14., 2005, Belfast. **Proceedings...** Belfast: Wageningen Academic Publishers, 2005, p.245.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrients requirements of beef cattle**. 7th.ed. Washington: National Academy of Sciences, 1996. 242p.

NISHIMO, N.; YOSHIDA, M.; SHIOTA, H.; SAKAGUCHI, E. Accumulation of 1,2-propanediol and enhancement of aerobic stability in whole crop maize silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v.94, p.800-807, 2003.

NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P. Tecnologia de produção e valor alimentício de silagens de cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2., 2004, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, 2004. p.1-33.

O'KIELY, P.O.; CLANCY, M.; DOYLE, E.M. Aerobic stability of grass silage mixed with a range of concentrate feedstuffs at feed-out. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro. **Proceedings...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p.794-795.

OUDE ELFERINK, S.J.W.H; KROONEMAN, J.C.; GOTTSCHAL, S.F.; SPOELSTRA, S.F.; FABER, F. Anaerobic conversion of lactic acid to acetic acid and 1,2 propanediol by *Lactobacillus buchneri*. **Applied Environmental Microbiology**, Washington, v.67, p.125-132, 2001.

PALMIQUIST, D.; CONRAD, H. Origin of plasma fatty acids in lactating cows fed high fat diets. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.74, p.3152, 1971.

PAZIANI, S.F. **Controle de perdas na ensilagem, desempenho e digestão de nutrientes em bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de capim tanzânia**. 2004. 208p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

PEDROSO, A.F. **Aditivos químicos e microbianos como inibidores da produção de etanol em silagens de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. 2003. 140p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; BARIONI, W.Junior.; RODRIGUES, A.A.; LOURES, D.R.S.; CAMPOS, F.; RIBEIRO, J.L.; MARI, L.; ZOPOLLATTO, M.; JUNQUEIRA, M.; SCHMIDT, P.; PAZIANI, S.F.; HORII, J. Performance of holstein heifers fed sugarcane silages treated with urea, sodium benzoate or *Lactobacillus buchneri*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.4, p.649-654, 2006.

PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F.; LOURES, D.R.S.; IGARASI, M.S.; COELHO, R.M.; PACKER, I.H.; HORII, J.; GOMES, L.H. Fermentation and epiphytic microflora dynamics in sugar cane silage. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.62, n.5, p.427-432, 2005.

PEDROSO, A.F.; SCHMIDT, P.; NUSSIO, L.G. Silagem de cana-de-açúcar no confinamento de bovinos. In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA DE CORTE, 5., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004. p.243-259.

PEREIRA, E.M. **Substituição de milho por ingredientes alternativos na dieta de tourinhos confinados na fase de terminação**. 2005. 85p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

PITT, R.E.; MUCK, R.E.; PICKERING, N.B. A model of aerobic fungal growth in silage. 2. Aerobic stability. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.486, p.301-312, 1991.

PRYCE, J.D. A modification of Barker-Summerson method for the determination of lactic acid. **Analyst**, Cambridge, v.94, p.1151-1152, 1969.

QUEIROZ, O.C.M.; NUSSIO, L.G.; SANTOS, M.C.; RIBEIRO, J.L.; SCHMIDT, P.; ZOPOLLATTO, M.; JUNQUEIRA, M.C.; CAMARGO, M.C. Sugarcane silage compared with traditional roughage sources on performance of dairy cows. In: INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 14., 2005, Belfast. **Proceedings...** Belfast: Wageningen Academic Publishers, 2005. p.257.

RANDBY, A.T.; SELMER-OLSEN, I.; BAEVRE, L. Effect of ethanol in feed on milk flavor and chemical composition. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.82, n.2, p.420-428, 1999.

RANJIT, N.K.; KUNG Junior., L. The effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 83, p. 526-535, 2000.

RANJIT, N.K.; TAYLOR, C.C.; KUNG, L. Junior. Effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 on the fermentation, aerobic stability and nutritive value of maize silage. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.57, p.73-81, 2002.

ROTZ, C.A.; MUCK, R.E. Changes in forage quality during harvester and storage. In: FAHEY, D.C.; COLLINS, M.; MERTENS, D.R.; MOSER, L.E. (Ed.). **Forage quality, evaluation, and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society, Soil Science Society, 1994. p.828-868.

SARMENTO, D.O.L. **Comportamento ingestivo de bovinos em pastos de Capim Marandu submetidos a regimes de lotação contínua**. 2003. 76p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

SAS INSTITUTE. **SAS user's guide**: Statistics. Cary, 1996. 983p.

SILVA, D.J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: UFV, 1981. 165p.

SIQUEIRA, G.R. **Cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) ensilada com aditivos químicos e microbianos**. 2005. 92p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2005.

TAYLOR, C.C.; RANJIT, N.J.; MILLS, J.A.; NEYLON, J.M.; KUNG, L. Jr. The effect of treating whole-plant barley with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability and nutritive value for dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 85, n.7, p. 1793-1800, 2002.

TILLEY, J.M.; TERRY, R.A. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal of British Grassland Society**, Oxford, v.18, n.2, p.104-111, 1963.

WILES, P.G.; GRAY, I.K.; KISSLING, R.C. Routine analysis of protein by Kjeldahl and Dumas methods: review and interlaboratory study using dairy products. **Journal of AOAC International**, Washington, v.81, p.620-632, 1998.

ZINN, R.A.; SHEN, Y. An evaluation of ruminally degradable intake protein and metabolizable amino acid requirements of feedlot calves. **Journal of Animal Science**, Albany, v.76, p.1280-1289, 1998.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)